LTW6200 型励磁系统

用户手册

（第三版）

广州电器科学研究院

广州擎天电气控制实业有限公司

2003 年 3 月

目　录

第一章　概述

一．适用范围

1．用途

LTW6200 **型励磁系统可用于不同容量机组、不同励磁方式的励磁调节。**

——适用于从几千千瓦到 50 **万千瓦不同类型同步发电机的励磁系统，包括：**

汽轮发电机组

水轮发电机组

燃汽轮机组

——适用于以下各种励磁方式：

自并激励磁系统

它励式静止励磁系统

直流励磁机励磁系统

交流励磁机励磁系统

无刷励磁系统

2．使用环境

2．1 **海拔高度不超过** 2000 **米。**

2．2 **周围空气温度最高**+40**℃**，**最低**-10**℃。**

2．3 **空气相对湿度**，**最湿月的月平均最大相对湿度为** 90%，**同时该月的月平均最低温度为**+25**℃。**

2．4 **无爆炸危险及干净的环境中。 空气中无足以腐蚀金属和破坏绝缘的气体及导电尘埃，以及在无较大振动或颠簸的地方。**

2．5 **特殊要求由我方与用户协商确定。**

二．主要特点

1．独立的微机/微机/模拟三通道 LTW6200 型调节器

LTW6200 **型励磁调节器由两个自动电压调节通道**（A、B）**和一个手动调节通道**（C）**组成。见图** 1—1 **所示。这三个通道从测量回路到脉冲输出回路完全独立。调节通道以主从热备用方式工作，其中一个自动电压调节通道作为主通道，另一个自动电压调节通道作为第一备用通道，手动调节通道作为第二备用通道。备用通道自动跟踪运行通道。调节器具有自诊断功能，通道之间既可自动切换也可手动切换。**

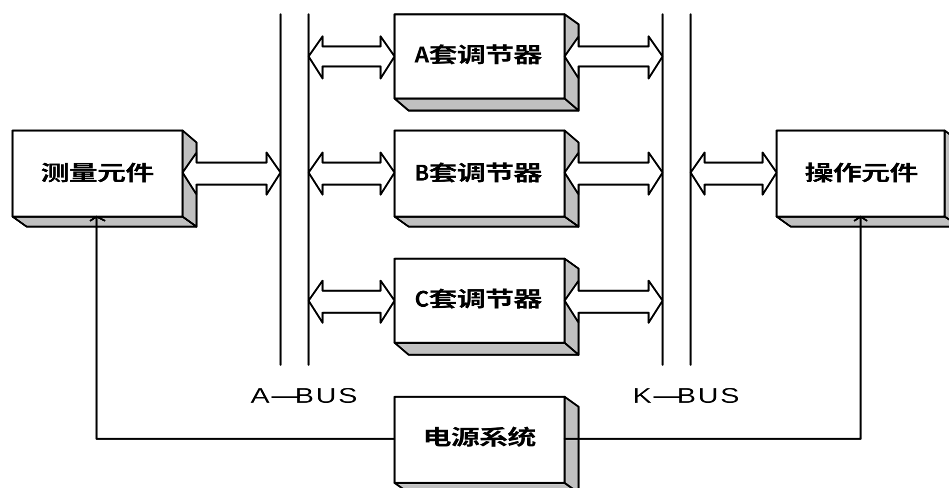


图 1—1　调节器组成方框图

LTW6200 型励磁调节器具备励磁标准所要求的全部功能，各项性能指标均达到或优于标准要求。它可应用于不同励磁方式下的励磁系统，适用于各种容量的发电机组。

2．原装进口工业控制计算机

自动电压调节通道的控制核心采用美国 PRO—LOG 公司制造的基于 STD 总线的工业控制计算机,其软件操作系统与 IBM-PC/XT 或 IBM-PC/AT 型计算机完全兼容。PRO—LOG 公司是 STD 总线的发明者，该公司所生产的 STD 总线产品，可在-25℃~+70℃、全封闭的环境下正常工作，无需散热风扇；具有很强的抗冲击能力和抗振动能力; 平均无故障时间高达 20000 小时。

3．良好的软件兼容性

励磁调节器的软件在 BIOS 级与 IBM—PC 系列微机兼容,软件支撑环境为 MS—DOS 操作系统。软件上的完全兼容给开发和调试带来极大的方便，在 PC 系列微机上运行的软件不经任何更改就可移植到调节器中。

4．精减的硬件结构

在国内外同类型励磁调节器中，LTW6200 型励磁调节器硬件最为简练，它几乎将所有的功能软件化。

5．人机界面优良、操作简单

LTW6200 型励磁调节器设计了近方、远方两套操作方式，无论是在现场还是在中控室，均能实现对励磁系统的全方位控制。

LTW6200 型励磁调节器实现了开机后自动起励、停机后自动逆变灭磁，并且在停机后自动返回空载状态。这为实现电站“少人值班、无人值守”创造了良好的条件。

在 LTW6200 型励磁调节器中引入了智能操作屏,该操作屏是带触摸功能的液晶显示

器，实现了机组运行状态、运行参数的智能显示，实现了智能操作、故障记录和故障追忆等功能。

6．调试、维护方便

专门为 LTW6200 型励磁调节器设计开发了配套的调试软件，既有 DOS 版本，也有 WINDOWS 版本。调试软件具有全汉化的功能菜单、优良的人机界面、简单的操作方式以及完善的调试功能。

通过调试软件实现了对 LTW6200 型励磁调节器的全方位监测，极大的方便了调试和维护工作。

7．与计算机监控系统的联接灵活、可靠

LTW6200 型励磁调节器既可通过常规继电操作方式与计算机监控系统联接，也可通过串行通讯方式与计算机监控系统联接，还可通过现场总线以组网方式跟计算机监控系统联接。联接方式灵活多样，通讯规约简单实用。

8．模块化程序设计

可以根据用户不同的要求将各种软件功能模块灵活连接。

9．丰富的 I/O 资源

支持所有符合 STD 标准的 I/O 板，可以随意扩展。

10．支持标准键盘和显示器

11．硬件"看门狗"。

在软件“跑飞”或“死机”时，不仅能自动切换到备用通道运行，而且能自动复位，重新启动软件运行。

12．独特的双总线结构。

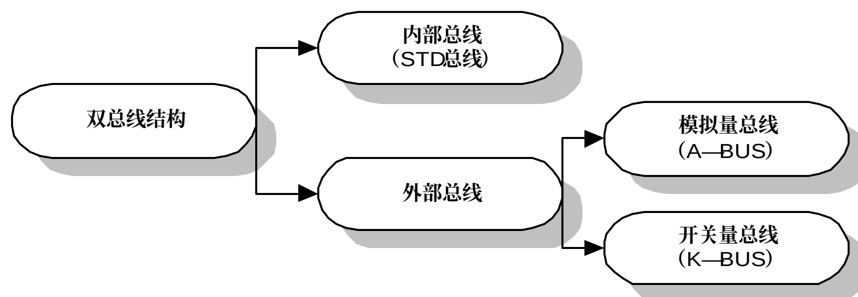


图 1—2　双总线结构示意图

LTW6200 型励磁调节器以双总线为框架，将所有的硬件都挂靠在双总线上。

通过内部总线，CPU 板、开关量输入板、开关量输出板、A/D 转换板组成一个独立的工业控制计算机。

通过外部总线，调节器采集外界开关量信号和模拟量信号，并输出相应的开关量信号和模拟量信号到外部总线。外部总线是调节通道之间、调节器与信号回路、操作回路之间交换信息的桥梁。外部总线使励磁系统接线从复杂、无序变为简单、有序。

外部总线是我所专门为多通道励磁调节器开发设计的一套总线结构，外部总线既可连接微机励磁调节器也可连接模拟励磁调节器，使得励磁调节器之间的组合变得轻而易举。用户可选用两套励磁调节器组成双通道励磁系统，也可选用叁套励磁调节器组成叁通道励磁系统，也可选用微机励磁调节器和模拟励磁调节器组成混合式励磁系统。不同的组合方式无需更改任何接线。

13．独立的智能型故障检测系统。

研制出以单片机为核心的智能型故障检测系统，它独立于调节器。用于调节器的电源故障、脉冲故障、软硬件故障、PT 断相等故障的检测，当检测到以上故障时，它发出通道切换指令。这种智能型故障检测系统从根本上防止了漏发、误发故障信号，充分保证了故障时通道间的顺利切换和励磁系统的正常运行。

14．低功耗。

LTW6200 型励磁调节器的功耗仅为 50W。

15．高可靠性。

关键的部件—CPU 板和 STD 总线机笼由美国 PRO—LOG 公司（STD 总线由该公司发明）提供，其它元器件采用国内外优质产品，经过严格的老化试验筛选；

励磁系统自身采集电源和直流电对操作及控制系统并列供电，保证了电源的可靠性；软件的容错设计、硬件“看门狗”功能 、精炼的硬件结构以及全新的故障检测方式均保证了励磁系统的可靠运行。

三．主要功能

1、按发电机机端电压偏差进行 PID 调节的自动励磁调节功能；

2、过励反时限限制；

3、长期运行时 1.1 倍额定励磁电流限制；

4、硬件实现直流侧短路过电流保护；

5、按功率圆曲线规律的欠励限制；

6、空载 V/f 限制；

7、软件调差和调差率大小给定；

8、软件实现发电机电压的数字给定，无触点、无磨损；通过软件控制给定改变速度；

9、软件移相触发控制；

10、自动测量及计算发电机各种运行参数，并通过串行口输出，供上位机或电站监控系统使用；通过串行通讯，还可将上位机的文件传送到微机励磁调节器；

11、利用单片机实现故障检测和通道自动切换；

12、无超调软启动功能；

13、通道间自动跟踪功能；

14、调节器具有自启停功能；

15、正常停机时自动逆变灭磁；

16、电力系统稳定器功能（选用）；

17、恒无功/恒功率因数调节功能（选用）；

四．主要技术指标

1、励磁电压响应时间：上升不大于 0.08 秒，下降不大于 0.15 秒。

2、发电机静态调压精度优于 0.5%。

3、在发电机空载时，频率变化 1% 时，发电机电压变化不大于额定值的 0.25%;

4、调节器的动态性能:

a、零起升压超调不大于 10%，调节时间不大于 5 秒，振荡次数不大于 3 次;

b、10%阶跃响应超调量不大于阶跃量的 50%，调节时间不大于 5 秒，振荡次数不大于 3 次;

c、额定功率因数时，突甩额定负荷，电压超调不大于 15%，调节时间不超过 5 秒，振荡次数不大于 3 次。

5、调节范围：从发电机残压到大于 110% 发电机额定电压。

6、调节速率：每秒 0.3%—1% 发电机额定电压。

7、调差系数整定范围为 0—15%，按 1%的档距分档，共 16 档；准确的软件计算保证了调差优良的线性度。

8、励磁系统的延迟时间小于 0.03 秒。

9、励磁系统对电源的要求：

交流电源的电压偏差范围为额定值的－15%～＋15%，频率偏差范围为－3HZ～+2HZ。

直流电源的电压偏差范围为额定值的－20%～＋10%。

10、在约为空载励磁电流 10%的起励电流下能可靠起励，当残压满足自激条件时，也可残压起励。

11、励磁调节器耐压、温升均满足标准的要求。

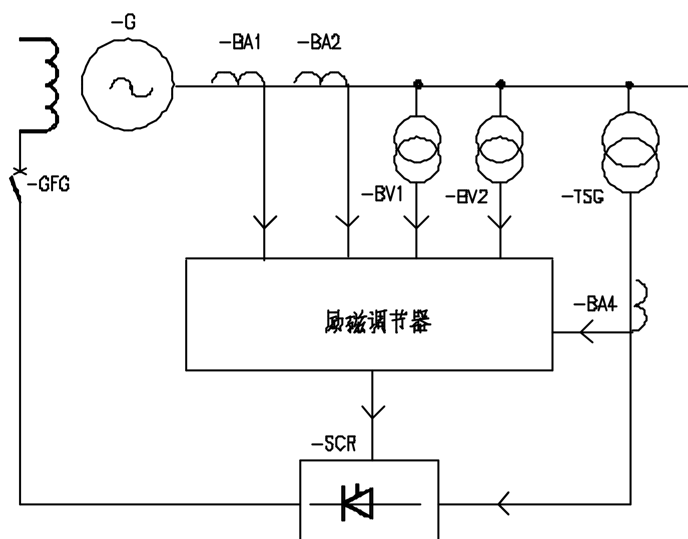
12、所有变送器的准确度等级不低于 0.5 级。

第二章　系统组成

一、概述

1．系统框图

LTW6200 型静态励磁系统由励磁调节器、功率整流器、灭磁回路、整流变压器及测量用电压互感器、电流互感器组成，如下图所示。



励磁系统原理框图

2．工作原理

LTW6200 型励磁系统的励磁电源的获取分为两种方式，一种取自发电机机端，此类方式称为自并励方式，如上图所示；另一种方式为从电网侧直接获取励磁电源，此类方式称为它励方式。励磁电源经过整流变压器降压、全控整流桥功率单元整流后输出，向同步电机磁场绕组提供直流励磁电流，励磁调节器根据输入信号和调节准则输出触发脉冲来控制励磁功率单元的输出电压，以控制励磁电流，满足同步电机和电力系统运行的要求。一般情况下，这种控制以恒定发电机电压为目的，但当发生过励、欠励、V/F 超值时，也起相应的限制作用。恒压自动调节的效果，在发电机并上电网后，当系统电压不变时表现为发电机无功功率的调节；如果给定不变，系统电压的变化时，机端输出无功功率的也会随之变化，系统电压升高，输出无功会减少甚至进相，反之，则输出无功增加。同时励磁系统也具有恒励磁电流调节的手动单元，可以满足发电机的短路特性试验等要求。

励磁系统作为发电机的重要部分，是进行电压和无功功率控制的重要组成部分，提高励磁系统性能是改善和提高发电机和电力系统稳定性的主要手段之一。励磁控制系统的主要任务就是根据发电机的运行条件，自动调节励磁控制电压，维持发电机端电压和机组间的合理的无功分配，保证系统的电压质量；而与此同时，励磁系统的各种保护、限制功能如欠励限制、过励限制等是提高发电机组安全稳定运行的重要功能；另外，合适的励磁控制，也是保证电力系统安全，提高电力系统运行的稳定性，改善电力系统运行条件的重要手段之一。

二．励磁调节器

1．配置

励磁调节器为微机/微机/模拟三通道型，包括两个数字式自动通道（A、B）和一个模拟式手动通道（C），三个通道通过两条外部总线联结。这三个通道从测量回路到脉冲输出回路完全独立。如图 2-1 所示。

三个调节通道及测量元件、操作元件、电源等装于一个调节柜内。测量元件包括中间变压器、中间变流器、电流/电压变换器等；操作元件包括操作开关、继电器、可编程控制器等；电源包括自用电源变压器、开关电源等。

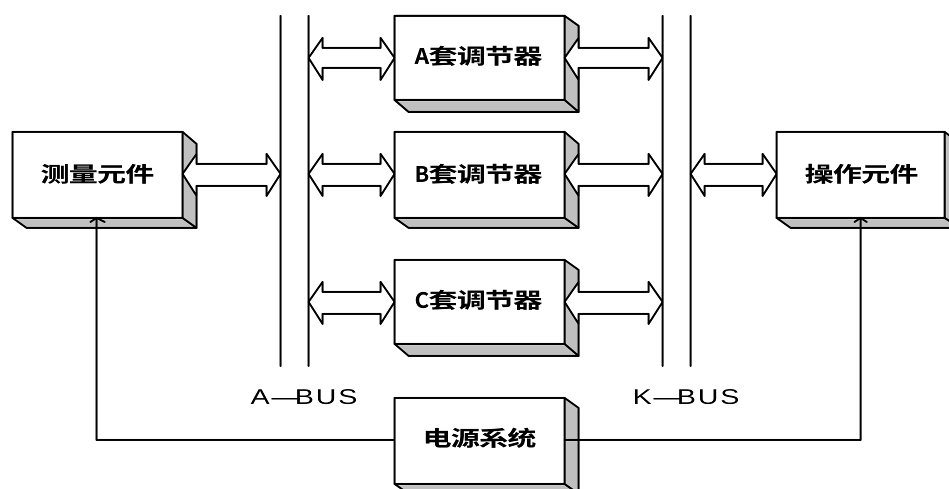


图 2-1　　调节通道配置图

2、基本工作原理

三通道以主从方式工作，正常方式为 A 通道工作，B 通道及 C 通道自动跟踪 A 通道。可选择 B 通道或 C 通道作为备用通道。当 A 通道出现故障时，自动切换到备用通道运行。同样，当 B 通道投入运行后出现故障，自动切换到 C 通道运行。

A、B 通道可相互跟踪，C 通道总是自动跟踪当前运行通道。

在正常运行工况下，调节器按发电机电压偏差或按励磁电流偏差进行调节，通过输出脉冲的相位变化，控制可控整流桥输出的励磁电压，以保持发电机端电压或励磁电流恒定。当系统出现异常情况时，相应的励磁限制功能将起作用，使发电机运行在一个安全的范围。若调节器本身出现故障，通过硬件“看门狗”和单片机的故障检测，自动切至备用通道运行。

调节通道之间的信息交换以及各种开关量、模拟量的输入输出均通过开关量总线和模拟量总线实现。

3．总线

独特的双总线结构是 LTW6200 型励磁调节器的重要特征，如图 2-2 所示。

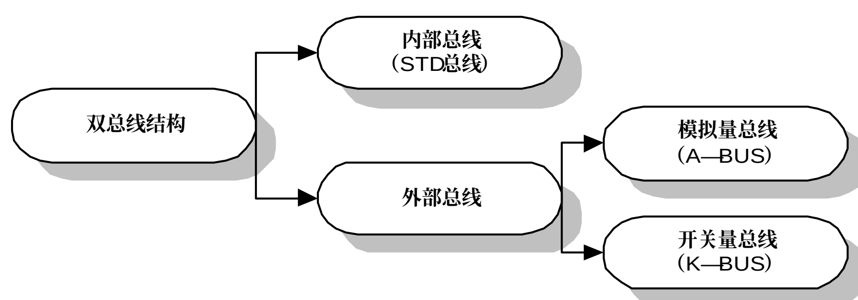


图 2-2　双总线结构示意图

LTW6200 型励磁调节器以双总线为框架，将所有的硬件都挂靠在双总线上。

通过内部总线，CPU 板、开关量输入板、开关量输出板、A/D 转换板组成一个独立的工业控制计算机。

通过外部总线，调节器采集外界开关量信号和模拟量信号，并输出相应的开关量信号和模拟量信号到外部总线。外部总线是调节通道之间、调节器与信号回路、操作回路之间交换信息的桥梁。外部总线使励磁系统接线从复杂、无序变为简单、有序。

外部总线是我所专门为多通道励磁调节器开发设计的一套总线结构，外部总线既可连接微机励磁调节器也可连接模拟励磁调节器，使得励磁调节器之间的组合变得轻而易举。用户可选用两套励磁调节器组成双通道励磁系统，也可选用叁套励磁调节器组成叁通道励磁系统，也可选用微机励磁调节器和模拟励磁调节器组成混合式励磁系统。不同的组合方式无需更改任何接线。

3．1　STD 总线

STD 总线是由美国 PRO—LOG 公司和 MOSTEK 公司共同设计开发的一种工业控制总线。它以小尺寸的模板结合大规模集成电路技术，建立了一种以功能模板的方法来进行面向控制的系统设计。

STD 总线是专为工业控制系统而设计的，它能适应恶劣的工业环境，对温度的变化、对现场的强电磁场干扰有很强的适应性。相对于其它总线而言，STD 总线最适合于应用在微机励磁系统中。

STD 总线引脚的编排和引出见表 2—1，信号流向均以 CPU 为参考点（若无特殊说明，本手册中所有的信号流向均以 CPU 为参考点）。

表 2—1 STD **总线引脚编排图**

	元件面				**焊接面**			
	插脚	**信号名称**	**信号流向**	**说明**	**插脚**	**信号名称**	**信号流向**	**说明**
逻辑电源	1	+5V	**入**	**逻辑电源**	2	+5V	**入**	**逻辑电源**
	3	GND	**入**	**逻辑地**	4	GND	**入**	**逻辑地**
	5	VBAT	**入**	**电池电源**	6	VBB	**入**	**逻辑偏压**
数据总线	7	D3/A19	**入**/**出**	**数据总线**	8	D7/A23	**入**/**出**	**数据总线**
	9	D2/A18	**入**/**出**	&	10	D6/A22	**入**/**出**	&
	11	D1/A17	**入**/**出**	**地址扩展**	12	D5/A21	**入**/**出**	**地址扩展**
	13	D0/A16	**入**/**出**		14	D4/A20	**入**/**出**	
地址总线	15	A7	**出**	**地址总线**	16	A15/D15	**出**	
	17	A6	**出**		18	A14/D14	**出**	
	19	A5	**出**		20	A13/D13	**出**	
	21	A4	**出**		22	A12/D12	**出**	**地址总线**
	23	A3	**出**		24	A11/D11	**出**	&
	25	A2	**出**		26	A10/D10	**出**	**数据总线扩展**
	27	A1	**出**		28	A09/D09	**出**	
	29	A0	**出**		30	A08/D08	**出**	
控制总线	31	WR*	**出**	**写存储器**	32	RD*	**出**	**读存储器**
	33	IORQ*	**出**	I/O **地址**	34	MEMRQ	**出**	**存储器**
				选择				**地址选择**
	35	IOEXP	**入**/**出**	I/O **扩展**	36	MEMEX	**入**/**出**	**存储器**
								扩展
	37	REFRE*	**出**	**刷新定时**	38	MCSYNC	**出**	**机器周期同步**
	39	STATUS1	**出**	CPU **状态**	40	STATUS	**出**	
	41	BUSAK*	**出**	**总线响应**	42	BUSRQ*	**入**	CPU **状态**
	43		**出**	**中断响应**	44	INTRQ*	**入**	**总线请求**
	45	INTAK*	**出**	**等待请求**	46	NMIRQ*	**入**	**中断请求**
	47	WAITRQ	**出**	**系统复位**	48	PBRESET	**入**	**非屏中断**
	49		**出**	**时钟**	50	CNTRL*	**入**	**按钮复位**
	51	SYSRES*	**出**	**优先级链输出**	52	PCI	**入**	**辅助定时**
		CLOCK*						**优先级链输入**
		PCO						
辅助电源	53	AUXGND	**入**	**辅助地**	54	AUXGND	**入**	**辅助地**
	55	AUX+V	**入**	+12VDC	56	AUX—V	**入**	—12DC

3．2 开关量总线

1）．开关量总线定义

开关量总线由 37 针 D 型凹插座和 37 线扁电缆组成，插座固定安装在调节器抽屉后面。

开关量总线扁电缆引线定义见表 2—2。除电源外，其它信号均为低电平有效。

表 2—2 开关量总线定义

功能说明	回路号	扁线序号		回路号	功能说明
DC24V 正极	R601	1	2	R601	DC24V 正极
油开关合	R652	3	4	R693	线路充电
停机令	R653	5	6	R651	开机令
PSS 投入	R692	7	8	Y13	限制强励
恒无功调节	R694	9	10	B04	
起励时限	R629	11	12	B.K06	B 通道故障
A 通道故障	A.K06	13	14	R691	电压跟踪投入
A/B 套切换	R621	15	16	R623	A/B 套切换
B/C 套切换	R622	17	18	R624	B/C 套切换
	NC	19	20	R662	B 套运行
A 套控制信号	UK1	21	22	UK2	B 套控制信号
C 套运行	R664	23	24	R660	A 套运行
A 套增励磁	R607	25	26	R613	B 套增励磁
A 套减励磁	R611	27	28	R617	B 套减励磁
C 套增励磁	R618	29	30	R620	C 套减励磁
DC24V 正极	R601	31	32	R601	DC24V 正极
DC24V 负极	R602	33	34	R602	DC24V 负极
DC24V 负极	R602	35	36	R602	DC24V 负极
	NC	37			

2）．开关量总线端子板

开关量总线端子板为 A08 模块，它将调节器所需要的开关量控制逻辑通过继电器接点转换成 40 线双列直插型开关量总线插座。

3．3 模拟量总线

1）．模拟量总线定义

模拟量总线由 25 针 D 型凹插座和 25 线扁电缆组成，插座固定安装在调节器抽屉后面。

模拟量总线扁电缆引线定义见表 2—3。

表 2—3　模拟量总线定义

功能说明	回路号	扁线序号		回路号	功能说明
同步电压（1）	A1	1	2	A2	同步电压（2）
同步电压（1）	B1	3	4	B2	同步电压（2）
同步电压（1）	C1	5	6	C2	同步电压（2）
有功功率（1）	WAT1	7	8	WAT2	有功功率（2）
无功功率（1）	VAR1	9	10	VAR2	无功功率（2）
发电机电流（1）	IG1	11	12	IG2	发电机电流（2）
机端电压（1）	UG1	13	14	UG2	机端电压（2）
系统电压	US	15	16	IL	励磁电流
建压 40%	R632	17	18	R631	建压 10%
		19	20		
+12V 电源正极	+12	21	22	+12	+12V 电源正极
+12V 电源负极	GND	23	24	GND	+12V 电源负极
信号公共地	GND	25	26	GND	信号公共地

2）．模拟量总线适配器

模拟量总线从测量变送板引出，测量变送板用一个工程塑料外壳封装，称为模拟量总线适配器，它完成以下功能：

·双边接线端子，连接各种被测信号；

·通过印刷线路板将被测信号转换成按双列插脚定义的模拟量总线信号；

·一路电流继电器，用于转子短路过流保护；

·二路电压继电器，其中一路按 10%发电机额定电压整定，另一路按 40%发电机额定电压整定，用于闭锁调节器及励磁系统的有关信号。

适配器双边端子排的定义见表 2 一 4 所示。

表 2 一 4　适配器双边端子排定义

端子号	回路号	功能说明	端子号	回路号	功能说明
1	Ua2	第二组测量电压	21	Ua3	系统测量电压
2	Ub2	第二组测量电压	22	Ub3	系统测量电压
3	Uc2	第二组测量电压	23	Uc3	系统测量电压
4	Ua1	第一组测量电压	24	ILA	励磁电流测量
5	Ub1	第一组测量电压	25	ILB	励磁电流测量
6	Uc1	第一组测量电压	26	ILC	励磁电流测量
7	A2	第二组同步电压	27	WAT2＋	第二组有功功率

端子号	回路号	功能说明	端子号	回路号	功能说明
8	B2	第二组同步电压	28	WAT2－	第二组有功功率
9	C2	第二组同步电压	29	VAR＋	第二组无功功率
10	GND	信号地	30	VAR2－	第二组无功功率
11	A1	第一组同步电压	31	IG2＋	第二组发电机电流
12	B1	第一组同步电压	32	IG2－	第二组发电机电流
13	C1	第一组同步电压	33	NC	
14	GND	信号地	34	R631	10%电压继电器输出
15	WAT1＋	第一组有功功率	35	R632	40%电压继电器输出
16	WAT1－	第一组有功功率	36	R639	过励保护输出
17	VAR1＋	第一组无功功率	37	GND	24V 电源负极
18	VAR1－	第一组无功功率	38	GND	24V 电源负极
19	IG1＋	第一组发电机电流	39	24L＋	24V 电源正极
20	IG1－	第一组发电机电流	40	24L＋	24V 电源正负极

4．数字通道之 CPU 板

4.1 STD7831—16 位 CPU 板

1)．性能

STD7831CPU 板是由美国 PRO—LOG 公司制造的一种 16 位工业控制计算机主机板，其主要性能指标如下：

·CPU：NEC 公司生产的 V20 CMOS 型 CPU，该 CPU 与 INTEL 公司生产的 8OC88 兼容，但 V20 CMOS 型 CPU 的指令系统更丰富，指令执行速度更快；

· CPU 工作频率 9.5454MHz.；

· 128KB 静态 SRAM，读写速度较一般 RAM 快得多；

· 128KB ROM ；

· 384KB 系统存贮器（电子盘）；

· BIOS 与 PC 系列微机兼容；

· 自带两个 RS—232C 串行口；

· 由可编程定时芯片 82C54（它是 8253 的更新产品）提供三个独立的 16 位二进制计数器/定时器；

· 提供 9 级可编程中断控制，可扩展到 256 级；

· 输入/输出接口可扩展到 1K 字节；

· CPU 板平均无故障时间为 20000 小时。

2)．设置

板上跳线开关位置见表 2—5。

表 2—5 跳线开关位置

代号	连接	移开
W1	1—2	3—4
W2		1—2，3—4
W3	1—2	1—2
W4		
W5	1—2，3—4，5—6	
W6	2—3，4—5，6—7	
W7	1—2	
W8	1—2，3—4，5—6	
W9	1—2	

3). **接口定义**

a). **中断信号连接器插脚分配**（J2）

表 2—6 中断信号连接器插脚分配

信号名称	信号流向	插脚		信号流向	信号名称
GND	—	1	2	IN	IR1
GND	—	3	4	IN	IR2
GND	—	5	6	IN	IR3
GND	—	7	8	IN	IR5
GND	—	9	10	IN	IR7

b). **串行口连接器** RS-232C **引脚分配**（J3）

表 2—7 串行口连接器引脚分配

信号流向	信号名称	插脚		信号名称	信号流向
IN	DCD1	1	2	DSR1	IN
IN	RXD1	3	4	RTS1	OUT
OUT	TXD1	5	6	CTS1	IN
OUT	DTR1	7	8	RI1	IN
—	GND	9	10	GND	—
IN	DCD2	11	12	DSR2	IN
IN	RXD2	13	14	RTS2	OUT
OUT	TXD2	15	16	CTS2	IN
OUT	DTR2	17	18	RI2	IN
—	GND	19	20	GND	—

4.2 STD7871—32 位 CPU 板

1)．性能

STD7871CPU 板是由美国 PRO—LOG 公司制造的一种 32 位单板型工业控制计算机，其主要性能指标如下：

- ·80386SX 微处理器，工作频率 25MHz；
- ·两个中断控制器；
- ·两个 DMA 控制器；
- ·自带计数器/定时器；
- ·自带并行口和键盘接口；
- ·512KB 或 2MB FLASH ；
- ·BIOS 与 PC 系列微机兼容；
- ·48 路数字 I/O；
- ·实时时钟；
- ·带 SBX 接口用于扩展 I/O；
- ·支持扩展内存；
- ·自带三个 RS—232C 串行口，其中 COM1、COM2 还可设成 RS485 电气规范；
- ·CPU 板平均无故障时间为 20000 小时。

2). 设置

板上跳线开关位置见表 2—8。

表 2—8　跳线开关位置

跳线开关	设置	含　义
W1	2-3 短接	使用电池对 CMOS 及静态 RAM 供电
W2	1-2 短接	IRQ11 信号取自 SBX 接口的 SINT0
	2-3 短接	IRQ11 信号取自 J5：4
W8	1-2 短接	IRQ7 信号取自板上 IRQ15
	2-3 短接	IRQ7 信号取自 J5：10
W3	空	静态 RAM 选择，容量为 128KB
W9	1-2 短接	
W4	1-2 短接	COM1 为 RS232C
	2-3 短接	COM1 为 RS485
W6	1-2 短接	COM2 为 RS232C
	2-3 短接	COM2 为 RS485
W10	空	板上的数字 I/O 无特殊用途
W11	5-6 短接	存储器地址映射
W12	空	RS485 终端电阻设定
W13	空	RS485 终端电阻设定
W14	空	显示器选择
W15	1-2 短接	支持 256K FLASH

跳线开关	设置	含　义
W16	1-2 短接	
W17	5-6 短接	

3)．接口定义

a). **中断信号连接器插脚分配**（J5）

表 2—9　**中断信号连接器插脚分配**

信号名称	信号流向	插脚		信号流向	信号名称
GND	—	1	2	IN	IR10
GND	—	3	4	IN	IR11
GND	—	5	6	IN	IR12
GND	—	7	8	IN	IR13
GND	—	9	10	IN	IR14

b)．RS-232C **串行口连接器引脚分配**

连接器 J7、J9、J10 **分别对应于串行口** COM1、COM2、COM3。**这三个连接器定义相同。**

表 2—10　**串行口连接器引脚分配**

信号流向	信号名称	插脚		信号名称	信号流向
IN	DCD	1	2	DSR	IN
IN	RXD	3	4	RTS	OUT
OUT	TXD	5	6	CTS	IN
OUT	DTR	7	8	RI	IN
—	GND	9	10	+5V	—

c)．RS-485 **串行口连接器引脚分配**

COM1、COM2 **可设成** RS-485 **口，分别由** W4、W6 **设置。**10 **针连接器** J8 **定义见下表所示。**

表 2—11　J8 **引脚定义**

信号名称	插脚		信号名称
COM1 RXD/TXD-	1	2	GND
COM1 RXD/TXD+	3	4	GND
NC	5	6	GND

信号名称	插脚		信号名称
COM2 RXD/TXD-	7	8	GND
COM2 RXD/TXD+	9	10	GND

5． 数字通道之 A/D 转换板

A/D 转换板是带光电隔离的高速 12 位 A/D 转换模板，具有精度高、速度快、量程可选、抗干扰能力强等优点。

A/D 转换板的核心器件是 AD1674，分辨率 12 位，转换时间 10 微秒，芯片自带 10V 电压基准、时钟、三态缓冲输出和采样保持电路。

A/D 转换板的模拟电路和数字电路之间用光电隔离耦合器件进行信息交换，极大地提高了系统抗干扰能力。该板的数字器件全部实现了 CMOS 化，并选用了低功耗的运算放大器和电子模拟开关，使功耗大大降低。

5.1 主要技术指标

- ·分辨率：12 位；
- ·通道数：双端 16 路/单端 32 路；
- ·转换时间：10 微秒；
- ·增益倍数：可调；
- ·电压量程：±2.5V、0～5V、±5V、±10V、0～10V;
- ·输出码制：单极性时为二进制原码，双极性时为二进制补码或偏移码。
- ·总误差：0.1%；
- ·环境温度：—40℃～＋70℃。

5.2 设置

1). 板上跳线开关设置参见表 2—12。

表 2—12 A/D 转换板跳线开关位置

跳线开关	设置	含 义
W1	7-8 短接 11-12 短接	地址设置为 150H
W2 W3	1-2 断开 1-2 断开	A/D 转换结果以查询方式获得
W4 W5 W7	1-2 短接 1-2 短接 1-2 短接	输入量程为 0～10V
W6	2-3 短接	A/D 转换结果以二进制原码的形式输出

跳线开关	设置	含　义
W8 W9 W10 W11	2-3 短接 2-3 短接 2-3 短接 2-3 短接	模拟信号的输入方式为单端输入

2)、增益设置

增益 G=G1✕G2=1✕1=1

5.3　零点及增益调节

A/D 转换板上有 WR1 和 WR2 两个电位器，其作用及调节方法见表 2—13。

表 2—13　零点及增益调节

电位器	作用	调节方法
WR1	调整零点	顺时针转动，零点偏负，逆时针转动，零点偏正。
WR2	调整增益	顺时针转动，增益增大，逆时针转动，增益减小。

5.4　接口定义

1)、J1 连接器插脚定义

J1 是外部电源接入的接口，具体定义参见表 2—14。

表 2—14　J1　插脚分配(外电源接入)

插脚	1	2	3	4	5
信号说明	+12V	—12V	GND	+5V	GND

2)、输入插座 J2　插脚分配

LTW6200 型励磁调节器需要对 PT1 电压、PT2 电压、励磁电流、发电机电流、发电机有功功率、发电机无等模拟量进行模数转换。这些信号通过 A/D 转换板的 J2 插座引入，所对应的通道见表 2—15 所示。

表 2—15　A/D 转换板输入插座 J2 插脚分配

输入信号	通道号	插脚		通道号	输入信号
无功功率	00H	1	2	10H	无功功率
有功功率	01H	3	4	11H	有功功率
励磁电流	02H	5	6	12H	励磁电流
发电机电流	03H	7	8	13H	发电机电流
	外差分	9	10	空	
发电机电压（2PT）	04H	11	12	14H	发电机电压（2PT）

输入信号	通道号	插脚		通道号	输入信号
发电机电压（1PT）	05H	13	14	15H	发电机电压（1PT）
	06H	15	16	16H	
	07H	17	18	17H	
模拟地	GND	19	20	GND	模拟地
	08H	21	22	18H	
	09H	23	24	19H	
	0AH	25	26	1AH	
	0BH	27	28	1BH	
	INTR	29	30	INTR#	
	0CH	31	32	1CH	
	0DH	33	34	1DH	
	0EH	35	36	1EH	
	0FH	37	38	1FH	
	GND	39	40	GND	

6． 数字通道之开关量输入板

6．1　技术特点

- ·STD 总线与用户接口设备之间实现完全的电隔离；
- ·24 路开关量输入，单端输入方式，有公共的外电源，输入电压可以从 5V 到 50V；
- ·8 路外接中断源输入，由中断控制芯片 8259 管理；
- ·单一的＋5V 工作电源。

6．2　开关量输入原理

开关量输入原理如图 2—4 所示。

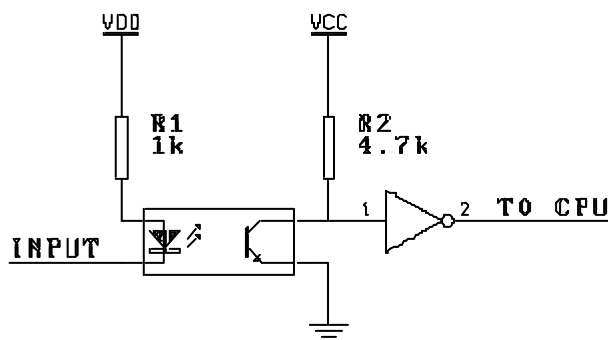


图 2—4　开关量输入原理图

输入信号经光电隔离耦合器件后，被反相驱动，送到计算机。当输入信号为高电平时，光耦输出三极管的集电级也为高电平，因而送入 CPU 的数据为低电平；反之，当输入信号为低电平时，送入 CPU 的数据为高电平。

6．3　设置

1）、基地址设置

开关量输入板的基地址由拨动开关 WK1 决定，出厂时基地址设为 158H。

2）、板内地址分配

24 路开关量输入占用三个连续的 I/O 地址，8259 中断输入也占用三个 I/O 地址。

表 2—16　开关量板内地址分配

地址	操作	作用
0158H	读	对应于第一个字节的八路开关量输入信号（I1.0～I1.7)
0159H	读	对应于第二个字节的八路开关量输入信号（I2.0～I2.7)
015AH	读	对应于第三个字节的八路开关量输入信号（I3.0～I3.7)
015CH	写	中断优先级编程
015DH	读	读中断请求
015EH	写	中断屏蔽

6．4　输入接口定义

输入插座引脚定义及实际输入的信号所对应的引脚见表 2—17。

表 2—17 开关量输入接口定义

输入信号	信号名称	插脚		信号名称	输入信号
减磁	I1-D7	1	2	I1-D6	增磁
零升	I1-D5	3	4	I1-D4	
	I1-D3	5	6	I1-D2	
	I1-D1	7	8	I1-D0	
调差（权 8）	I2-D7	9	10	I2-D6	调差（权 4）
调差（权 2）	I2-D5	11	12	I2-D4	调差（权 1）
限制退出	I2-D3	13	14	I2-D2	励磁电流调节
阶跃试验	I2-D1	15	16	I2-D0	编程
	NC	17	18	NC	
电源	+5	19	20	+5	电源
恒无功调节	I3-D7	21	22	I3-D6	PSS 投入
	I3-D5	23	24	I3-D4	线路充电
起励（开机令）	I3-D3	25	26	I3-D2	逆变（停机令）
油开关合	I3-D1	27	28	I3-D0	限制强励
	IR0	29	30	IR1	
	IR2	31	32	IR3	
	IR4	33	34	IR5	
	IR6	35	36	IR7	
	NC	37	38	NC	
电源	+5	39	40	+5	电源

7． 数字通道之开关量输出板

7．1 技术特点

·STD 总线与外界实现了完全的电隔离；
·32 个开关量输出，占用连续的四个 I/O 地址；
·输出信号具有锁存功能；
·具有较强的驱动能力，可直接驱动继电器；
·单一的＋5V 工作电源。

7．2 开关量信号输出原理

开关量信号输出原理见图 2—5 所示。

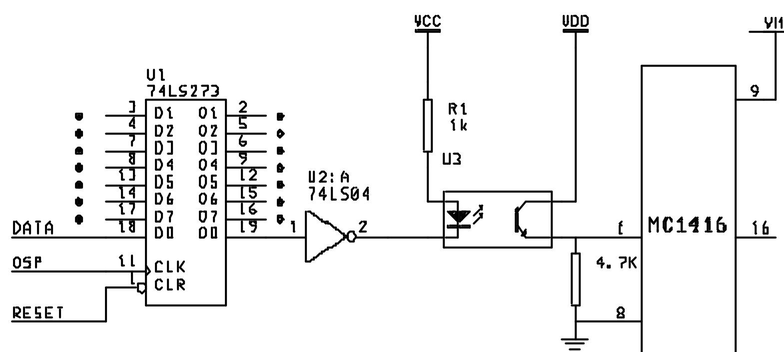


图 2—5　开关量输出信号原理图

工控机将数据传送到数据寄存器，经 OC 门驱动光耦，耦合到功放组件 MC1416。

7．3　地址设置

开关量输出板占用四个连续的 I/O 地址，该地址由跳线器 W1 设定。出厂时地址设为 154H～157H，分别对应于开关量输出口 O1～O4。

7．4　输出接口定义

输出接口引脚定义及对应的含义见表 2—18。

表 2—18　开关量输出板输出接口引脚定义

输出信号	信号名称	插脚		信号名称	输出信号
	O1-D7	1	2	O1-D6	丢脉冲检测
-B 相脉冲输出	O1-D5	3	4	O1-D4	+C 相脉冲输出
-A 相脉冲输出	O1-D3	5	6	O1-D2	+B 相脉冲输出
-C 相脉冲输出	O1-D1	7	8	O1-D0	+A 相脉冲输出
看门狗信号	O2-D7	9	10	O2-D6	PT 故障
	O2-D5	11	12	O2-D4	
	O2-D3	13	14	O2-D2	
	O2-D1	15	16	O2-D0	
24V 电源负极	R602	17	18	R602	24V 电源负极
24V 电源正极	R601	19	20	R601	24V 电源正极
过励限制动作	O3-D7	21	22	O3-D6	欠励限制动作
V/f 限制动作	O3-D5	23	24	O3-D4	定子电流限制
强励	O3-D3	25	26	O3-D2	逆变
限制退出	O3-D1	27	28	O3-D0	功率因数调节
励磁电流调节	O4-D7	29	30	O4-D6	调试
油开关合	O4-D5	31	32	O4-D4	增励
减励	O4-D3	33	34	O4-D2	到限

输出信号	信号名称	插脚		信号名称	输出信号
	O4-D1	35	36	O4-D0	控制角信号
24V 电源负极	R602	37	38	R602	24V 电源负极
24V 电源正极	R601	39	40	R601	24V 电源正极

8． 数字通道之总线转接板

8．1 主要功能及原理

总线转接板安装在调节器抽屉的后部，调节器与外界的所有信号联接都通过该板。该板将 D 型插座的开关量总线及模拟量总线转换成按双列牛角插座定义的信号，再通过扁线联接到调节器面板上的操作接口板。

外部总线接口板内有 8 路微型继电器，用于将开关量总线上的开停机等操作命令进行隔离和转换，然后通过扁线引到开关量输入板。

8．2 接口定义

1）、JD1 开关量总线连接器引脚定义

JD1 为 37 针 D 型凹插座，引脚定义参见表 2—2 开关量总线定义。

2）、JD2 模拟量总线连接器引脚定义

JD2 为 25 针 D 型凹插座，引脚定义参见表 2—3 模拟量总线定义。

3）、JN1 连接器引脚定义

JN1 为 20 脚牛角连接器，它把经过继电器转换的外部操作命令连接到开关量输入板插座的 21~40 脚，引脚定义见表 2—19。

表 2—19 JN1 连接器插脚定义

功能说明	定义	引脚		定义	功能说明
恒无功调节	I3-D7	1	2	I3-D6	PSS 投入
备用	I3-D5	3	4	I3-D4	线路充电
开机令	I3-D3	5	6	I3-D2	停机令
发电机断路器合	I3-D1	7	8	I3-D0	限制强励
IR2	IR2	9	10	IR1	IR1
IR4	IR4	11	12	IR3	IR3
IR6	IR6	13	14	IR5	IR5
IR8	IR8	15	16	IR7	IR7
NC	NC	17	18	NC	NC
+5V	+5V	19	20	+5V	+5V

4）、JN2 连接器引脚定义

JN2 为 40 脚牛角连接器，它与安装在面板上的操作接口板的 J4 连接。引脚定义见表 2—20。

表 2—20　JN2 连接器引脚定义

功能说明	信号名称	引脚		信号名称	功能说明
+5V 电源	+5V	1	2	+5V	+5V 电源
电源地	GND	3	4	GND	电源地
机端电压（2）	UG2	5	6	+12V	+12V 电源
机端电压（1）	UG1	7	8	IG	发电机电流
无功功率	VAR	9	10	WAT	有功功率
建压 40%额定电压	R632	11	12	IL	励磁电流
系统电压	US	13	14	A	A 相电压
调节器故障	R672	15	16	R671	脉冲相位
控制信号	UK	17	18	R623	A/B 套切换
减励磁	R611’	19	20	R651	开机令
增励磁	R607’	21	22	R624	B/C 套切换
A/B 套切换	R621	23	24	O1-D7	脉冲相位
电压跟踪投入	R691	25	26	R629	起励时限
故障切换	K06:9	27	28	R662	B 套运行
停机令	R653	29	30	R664	C 套运行
24V 电源正极	R601	31	32	R601	24V 电源正极
24V 电源负极	R602	33	34	R602	24V 电源负极
PT 故障	O2-D6	35	36	O3-D3	强励信号
过励动作信号	O3-D7	37	38	O3-D4	定子电流限制信号
V/f 动作信号	O3-D5	39	40	O3-D6	欠励动作信号

8．3　跳线设置

S1 跳线器和 S2 跳线器用于通道选择，具体设置见表 2—21 所示。

表 2—21　S1、S2 跳线器设置

	选择为 I 通道时	选择为 II 通道时
S1 短接的线号	1—2，5—6，9—10	3—4，7—8，11—12
S2 短接的线号	1—2，5—6，9—10，13—14，17—18，19—20	3—4，7—8，11—12，15—16，17—20，19—18
S3 短接的线号	1—2	3—4

9．　数字通道之操作接口板

9．1　主要功能

操作接口板安装在调节器抽屉面板内侧，它完成以下功能：

·实现了 STD 总线模板与外部总线控制元件之间信息的相互交流；

·发出运行状态指示信号和故障信号；

·发出通道控制信号，供面板显示和备用通道跟踪；

·设置调差级数；

·模拟量输入信号整定；

·脉冲功率放大及输出。

9．2　接口定义

1）、 调差拨动开关及对应的调差档位见表 2—22 所示。

表 2—22　调差拨动开关及对应的调差档位

开关位置：	1 2 3 4	调差档位
“1”=ON “0”=OFF	0 0 0 0	0
	0 0 0 1	1
	0 0 1 0	2
	0 0 1 1	3
	0 1 0 0	4
	0 1 0 1	5
	0 1 1 0	6
	0 1 1 1	7
	1 0 0 0	8
	1 0 0 1	9
	1 0 1 0	10
	1 0 1 1	11
	1 1 0 0	12
	1 1 0 1	13
	1 1 1 0	14
	1 1 1 1	15

2）、J1 连接器引脚定义

J1 连接器为 40 脚牛脚插座，它与开关量输出板的输出插座一对一连接。其引脚定义参见表 2—18。

3）、J2 连接器引脚定义

J2 连接器的 1 脚～24 脚接到 A/D 转换板，25 脚～34 脚接到 CPU 板的中断输入插座。J2 连接器引脚定义见表 2—23。

表 2—23　**操作接口板** J2 **连接器引脚定义**

定义	插脚		定义
00H	1	2	10H
01H	3	4	11H
02H	5	6	12H
03H	7	8	13H
NC	9	10	NC
04H	11	12	14H
05H	13	14	15H
NC	15	16	NC
NC	17	18	NC
GND	19	20	GND
NC	21	22	NC
NC	23	24	NC
NC	25	26	NC
NC	27	28	NC
NC	29	30	NC
GND	31	32	IR5
NC	33	34	NC

4）、J3 **连接器引脚定义**

J3 **连接器为** 20 **脚牛脚插座，它与开关量输入板的输入插座一对一连接。其引脚定义参见表** 2—17。

5）、J4 **连接器引脚定义**

J4 **连接器为** 40 **脚牛脚插座，它与总线转接板的** JN2 **连接器一对一连接。其引脚定义参见表** 2—20。

6）、J5 **连接器引脚定义**

J5 **为脉冲输出插座，单列** 7 **线排列，具体定义见表** 2—24。

表 2—24　**操作接口板** J5 **连接器插脚定义**

插脚	1	2	3	4	5	6	7
定义	—A 相脉冲	—B 相脉冲	—C 相脉冲	＋A 相脉冲	＋B 相脉冲	＋C 相脉冲	GND

7）、J6 **连接器引脚定义**

J6 **为单列** 12 **线插座，它与面板上的按钮开关及控制信号表连接，具体定义见表** 2—

25。

表 2—25 操作接口板 J6 连接器引脚定义

插脚	信号名称	功能说明
1	R607’	增励磁
2	R611’	减励磁
3	R621	A/B 套切换
4	R623	A/B 套切换自保持
5	I1-D5	零起升压
6	+5	+5V 电源
7	SF1	跟踪控制
8	R602	24V 电源负极
9	UKB	控制信号
10	+12	+12V 电源
11	+5	+5V 电源
12	GND	电源地

9．3 跳线设置

1）、JP1 跳线器设置

JP1 是专为阶跃试验设置的跳线器，正常运行时断开。

表 2—26 操作接口板 JP1 跳线设置

连接方式	含义
短接	做阶跃响应试验
断开	不做阶跃响应试验

2）、SW2 开关定义

表 2—27 操作接口板 SW2 跳线设置

开关	连接方式	含义
1	短接	限制有效
	断开	限制退出
2	短接	恒励磁电流调节
	断开	自动调节

9．4 信号显示灯

调节器面板上有 21 个发光二极管指示灯，具体含义见表 2—28 示。

表 2—28 操作接口板信号显示灯

序号	颜色	含义
1	红色	主通道运行

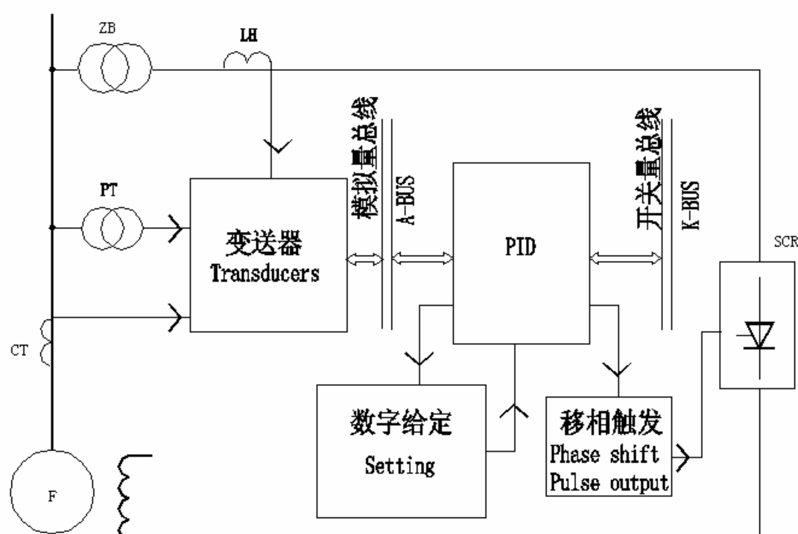
2	红色	备用通道运行
3	黄色	PT 故障
4	黄色	电源故障
5	黄色	脉冲故障
6	黄色	调节器故障
7	红色	过励限制动作
8	红色	欠励限制动作
9	红色	V/f 限制动作
10	红色	定子电流限制动作
11	红色	强励
12	红色	逆变
13	绿色	限制退出
14	红色	功率因数调节
15	红色	励磁电流调节
16	红色	调试
17	红色	断路器合
18	红色	增励
19	红色	减励
20	红色	到限
21	红色	+5V 电源指示

10． 模拟式手动通道（C 套调节器）

10．1 概述

C 套调节器与 B 套调节器同装在一个抽屉内，但两者是完全独立的，C 套调节器主要由两个部分组成，一是总线转接板（与 A、B 通道共用），二是调节板。总线转接板把按 D 型插座定义的 A—BUS 总线及 K—BUS 总线转换成按牛角插座定义的信号,通过扁电缆引到调节板。调节板包含有集成电路组成的 PID 调节电路、单片机数字给定及故障监测单元、脉冲触发模块等功能单元。

C 套调节器为恒励磁电流调节的模拟式调节器，其反馈信号为励磁电流信号，采集自励磁变压器副边的电流互感器。其调节原理框图如下图所示。



C 套调节器原理框图

C 套调节器具有以下功能：

· 数字式给定信号；

· 恒励磁电流调节；

· 发电机机端电压限制；

· 最大励磁电流限制；

· 自动预置；

· 自动跟踪；

· B/C 套切换控制；

· 脉冲功率放大；

· 看门狗信号故障监测。

C 套调节器的给定信号是由单片机发出数字信号，再经过采用 D/A 转换而成的，具有给定精度高、给定速度可调（由单片机设定）等特性，且避免了旋钮式电位器作给定时易磨损寿命短的缺点。具有停机自动返回最小给定信号的功能，若已返回到位，可以观察到 C 套面板上的“减”和“到限”灯同时点亮。在作为备用通道时，具有自动跟踪当前运行通道的功能，跟踪到位时，其控制信号与运行通道的控制信号将一致。确保了故障时，通道之间切换无波动。该通道还具有空载时发电机定子过电压限制功能，通过采集 PT2 电压作为反馈信号，可以有效地将发电机机端最大电压限制在空载额定电压的 120%以下，防止了在 C 套调节器运行中突甩负荷时，因其恒励磁电流调节特性可能造成的定子过电压损害。但我们仍强调，若在 C 套调节器运行，还是先卸掉有功及无功负荷，将励磁电流值减至空载励磁电流左右时再解列，比较合理和规范。

手动通道以励磁电流作为反馈量，其给定由一块单片机控制一个 12 位精度的串行数模转换器得以实现。用线性集成的 PID 调节电路进行调节，输出控制信号给触发板进

行移相触发。

用于实现给定的单片机自带 EPROM，有丰富的 I/O 资源及实时中断功能, 无须加其它外围器件, 使硬件做到最简。

手动通道作为备用通道，其功能相对而言比较单一。除按励磁电流进行调节之外，还具有自动预置、通道跟踪、机端电压限幅、低频逆变等功能。

10．2　励磁调节板

1）．J1 连接器引脚定义

J1 为脉冲输出插座，单列 7 线排列，具体定义见表 2—29。

表 2—29　操作接口板 J1 连接器插脚定义

插脚	1	2	3	4	5	6	7
定义	—A 相脉冲	—B 相脉冲	—C 相脉冲	＋A 相脉冲	＋B 相脉冲	＋C 相脉冲	GND

2）．J2 连接器引脚定义

J2 为 26 脚牛角连接器，它与总线转接板的 JN1 连接，引脚定义见表 2—30。

表 2—30　J2 连接器引脚定义

功能说明	信号名称	引脚		信号名称	功能说明
+12V 电源	+12	1	2	+12	+12V 电源
A 相同步信号	A2	3	4	B2	B 相同步信号
C 相同步信号	C2	5	6	R652	断路器信号
运行通道控制信号	UKW	7	8	UG2	发电机电压
C 通道备用	LDC	9	10	IL	励磁电流
B 通道备用	LDB	11	12	NC	
增磁	R618	13	14	R620	减磁
	NC	15	16	NC	
B/C 套切换	R622	17	18	R631	A/B 套切换
24V 正极	R601	19	20	R601	24V 正极
停机令	R653	21	22	R651	开机令
C 套运行信号	R664	23	24	R624	B/C 套切换自保持
24V 负极	R602	25	26	R602	24V 负极

3）．J3 连接器引脚定义

J3 为单列 10 线插座，它与面板上的按钮开关及控制信号表连接，具体定义见表 2—31。

表 2—31　J3 连接器引脚定义

插脚	信号名称	功能说明
1	R601	24V 电源正极
2	R624	切换至 C 通道
3	R622	切换至 B 通道
4	+5	+5V 电源
5	+12	+12V 电源
6	R618	增励磁
7	R620	减励磁
8	UK3	控制信号
9	SF3	跟踪控制
10	R602	24V 电源负极

10．3　移动触发模块

移相触发模块接收由励磁调节板传送的移相控制信号、同步信号及其它辅助控制信号，实现脉冲输出。

移相触发模块是一个独立封装的集成单元，它安装在脉冲触发板上，通过引出的 20 脚插头与脉冲触发板连接。移相触发模块的尺寸为 118mm×70mm×20mm。

移相触发模块型号为 MU004，它是一种模拟量控制的六相触发器，适用于晶闸管三相全控桥（或半控桥）整流与逆变控制。与一般的触发器不同，它是 IC 数字电路和 IC 模拟电路的结合体，充分发挥了二种电路各自的优越性。具有硬件简单，无需调试，功能多，可靠性高的优点。

1）．主要特性

a). 移相触发模块输出 6 相脉冲，每一相脉冲由相隔 60 度的双脉冲组成，单个脉冲宽度为 5 度。脉冲相位由控制信号调节，控制角与控制信号的关系见图 2—6 所示。

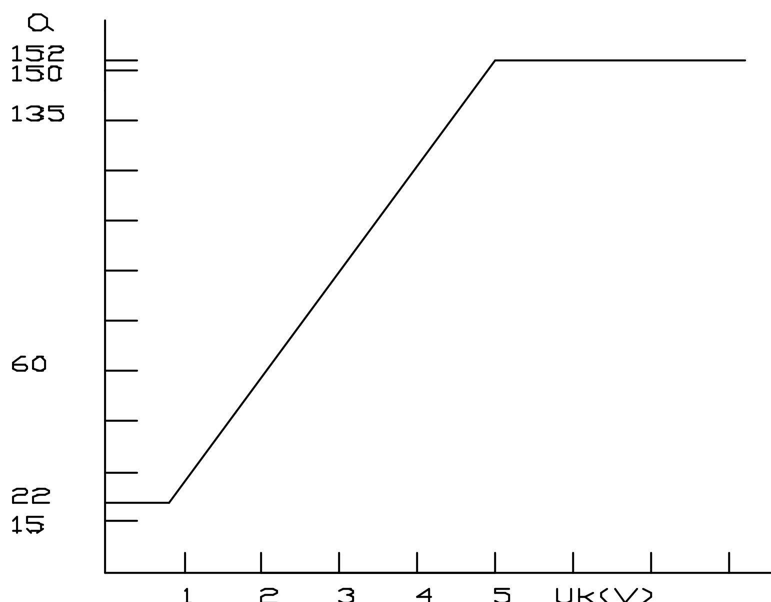


图 2—6　移相触发模块控制角与控制信号的关系曲线

b). **内部设有最小控制角限制和最大控制角限制。最小控制角设为 22 度，最大控制角设为 152 度。限制角也可进行调整。**

c). **在同步信号频率变化的情况下能正常工作。**

d). **具有断相检测功能和逆相序检测功能。**

e). **设置有逆变允许/禁止端。**

f). **设置有脉冲输出允许/禁止端**

g). **能对 6 相脉冲的相位对称性进行自动调整，在控制信号纹波较大的情况下，相位不平衡度不大于正负 2 度。**

h). **具有优良的抗干扰能力。**

2). **接口定义**

移相触发模块对外接线由一个 20 线扁线插头引出，引脚定义参见表 2—31。

表 2—31　移相触发模块引脚定义

功能说明	信号种类	信号流向	代号	引脚		代号	信号流向	信号种类	功能说明
A 相同步信号	AC24V	输入	UA	1	2	UB	输入	AC24V	B 相同步信号
C 相同步信号	AC24V	输入	UC	3	4	GND	输入		信号地
逆变禁止	TTL 低电平有效	输入	K1	5	6	UK	输入	0～6VDC	移相控制信号
5V 电源	DC5V		+5V	7	8	+12V		DC12V	12V 电源
同步断相或逆相序	TTL 低电平有效	输出	PTB	9	10	GND			电源地

功能说明	信号种类	信号流向	代号	引脚		代号	信号流向	信号种类	功能说明
－A 相脉冲	TTL 高电平有效	输出	M-A	11	12	M-B	输出	TTL 高电平有效	－B 相脉冲
－C 相脉冲	TTL 高电平有效	输出	M-C	13	14	M+A	输出	TTL 高电平有效	＋A 相脉冲
＋ B 相脉冲	TTL 高电平有效	输出	M+B	15	16	M+C	输出	TTL 高电平有效	＋C 相脉冲
同步脉冲	TTL 低电平有效	输出	CF	17	18	DP	输出	TTL 低电平有效	低频逆变信号
			NC	19	20	OP	输入	TTL 低电平有效	脉冲输出禁止

三、功率整流柜

1．基本配置

根据发电机励磁容量的不同要求，励磁装置可有一个整流桥、两个整流桥或两个整流桥以上。根据整流桥的不同规格，一个整流柜可装有一个整流桥或两个整流桥。一般每个功率整流桥的主要部件包括：

- 6 个可控硅组件（含可控硅、散热器、脉冲变压器）
- 6 个带接点指示的快速熔断器
- 可控硅阻容保护装置
- 冷却风机及其控制单元
- 脉冲功放单元
- 交直流侧过压保护单元
- 交直流刀闸或自动开关（选用）

当系统配备两个功率柜以上时，每个功率柜内都配有脉冲投切开关，可以方便地将功率柜退出运行状态，当其中一个整流桥退出运行时，励磁装置仍能保证发电机在所有的工况下连续运行。

功率柜根据要求可采用单风机或双风机强迫风冷方式，若功率柜的风机出现故障时，励磁装置在额定工况下仍可继续运行 30 分钟以上。

为保证均流系数达到 85%以上，整流桥之间应采用长电缆均流，即从各个整流桥的交流输入侧分别拉同型号、同规格、等长度的三相电缆至整流变压器副边汇合。并且选择电缆时应考虑到退出一个整流桥时，剩余整流桥所接电缆的通流能力仍应满足机组额定运行工况下的要求。

2． 智能化功率柜(选用)

在上述常规功率整流器的元器件配置的基础上，又增加一套智能控制系统，该系统包括主机单元、通讯接口、数字 IO 单元、A/D 单元、D/A 单元、智能操作屏、传感器、以及相应的输入输出接口电路等，即构成了智能化功率柜。由于引入了智能控制系统，取消了常规表计和指示灯，功率柜的操作、控制、状态监视、信息传递、信息显示等均实现了智能化，具体如下：

2．1 工况检测实现智能化

智能控制系统对功率柜的检测是全方位的，检测功能包括：

- 桥臂电流和单桥总输出电流
- 六相脉冲检测
- 快熔状态
- 进风口和出风口温度检测
- 风机开停状态
- 风机是否断相
- 风压检测
- 交、直流侧开关位置状态
- 脉冲电源投切状态

2．2 工况显示实现智能化

以图形的形式实时显示每个功率柜的信息，它包括：风道温度、各支臂电流、单柜输出电流、总励磁电流等模拟量以及本柜投入/退出、风机的开/停、风机是否断相、桥臂是否断流、快熔是否熔断、脉冲是否有故障、风量是否偏低、风温是否偏高、功率柜与调节器的通讯是否正常等开关量状态，如下图所示。



2．3 信息传输实现智能化(图 2-7)

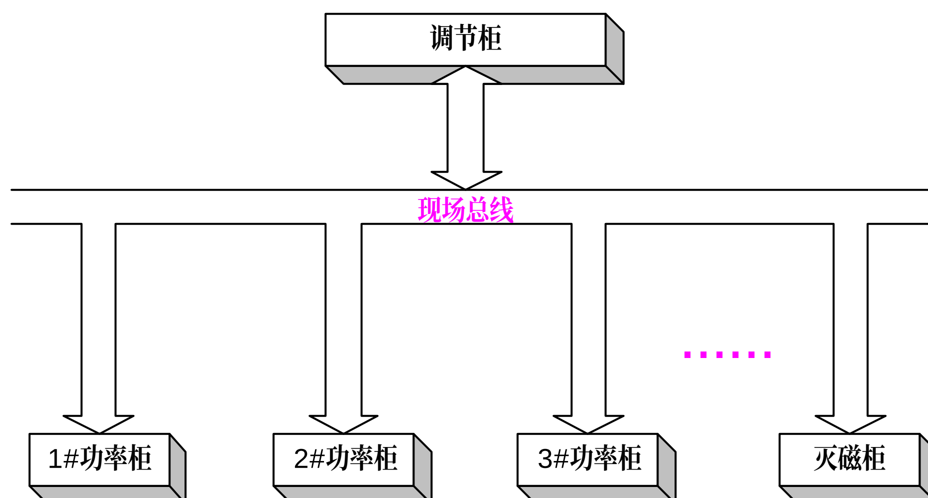


图 2-7 柜间通讯示意图

将现场总线技术用于智能化功率柜，功率柜的开关量信号和模拟量信号均通过现场总线传递到调节柜，也可直接传递到电站控制系统。这不仅提高了信息传输量，也大大减少了柜间接线，提高了系统运行可靠性，提高了装置的整体工艺水平。

2．4 风机控制实现智能化

当智能控制系统检测到功率柜处于运行状态时，自动启动风机；当功率柜处于停机或备用状态时，风机自动停转。

若功率柜的冷却采用双风机(选用)冗余，则由智能控制系统控制两台风机以循环主备用方式工作，即本次开机该风机若为主用，则下次开机该风机为备用。主用/备用的选择是自动实现的。当主风机出现故障时，比如风机断相、风压过低等，备用风机自动投入，同时切除主风机。这种智能控制方式可以提高风机的利用率，延长风机的使用寿命。

2．5 智能化退柜

当智能控制系统检测到功率柜处于某种故障状态时，比如风温长时间过高、脉冲故障、桥臂断流等，立即发出退柜信号给调节器，由调节器自动封锁该柜脉冲，实现智能化退柜。

2．6 智能化均流

可实现智能化动态均流，不需要其它任何辅助措施（如长电缆、硅元件参数选配等）可以确保 100%均流系数。配合智能脉冲封锁技术可以在任意 N 个功率柜之间实现 100%动态均流。

3．脉冲变压器

根据绝缘性能要求，我们设计了两种脉冲变压器。

第一种脉冲变采用真空环氧灌注工艺，介电强度为：工频 1.5 万伏，持续 1 分钟不击穿。该脉冲变独立安装于硅组件上，主要用于单桥输出 1000A 以上的大型功率柜。

第二种脉冲变介电强度为：工频 5000 伏，持续 1 分钟不击穿。该脉冲变安装于脉冲放大板上，主要用于单桥输出 800A 以下的功率柜。

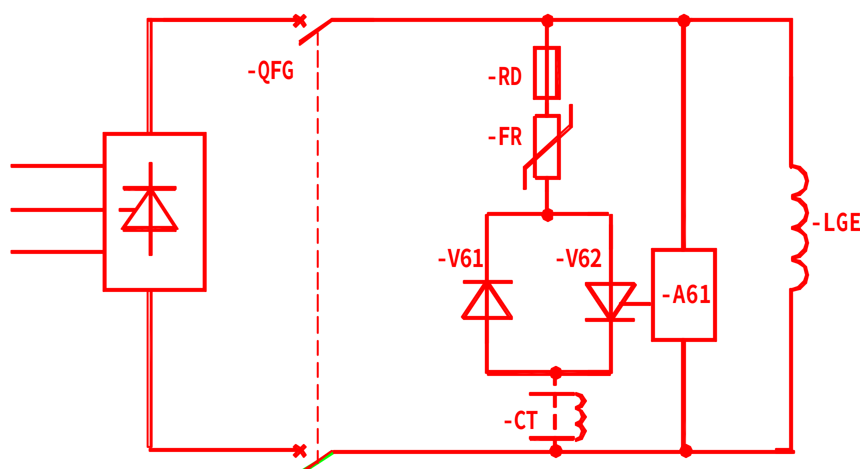
4．脉冲长距离传输

考虑到部分用户对调节柜和功率柜分置的需要，设计出相应的脉冲电路以满足脉冲长距离传输的需求。设计的原则是在调节柜将弱电流脉冲信号变换为强电流信号经远距离传输到功率柜，再经分压、隔离、放大之后驱动脉冲变压器。为此，我们设计了一块 6 相脉冲变压器板安装于调节柜，用于将弱电流脉冲信号变换为强电流信号，还设计了一块脉冲接收板安装于功率柜，将强电流脉冲信号经电阻分压取出之后驱动脉冲变压器。

四、灭磁及过压保护

1．灭磁及过压保护回路框图

下图是典型的灭磁及过压保护原理框图。



灭磁主回路原理图

图中： QFG——灭磁开关

FR——耗能电阻

RD——快速熔断器

V61——二极管

V62——可控硅

A61——可控硅触发器

CT——过电压动作检测器

励磁系统正常停机，调节器自动逆变灭磁；事故停机，跳灭磁开关将磁场能量转移

到耗能电阻灭磁。

当发电机处于滑极等非正常运行状态时，将在转子回路中产生很高的感应电压，此时安装在转子回路中的转子过电压检测单元 A61 模块将检测到转子正向过电压信号，马上触发 V62 可控硅元件，将耗能电阻单元 FR 并入转子回路，通过耗能电阻的吸能作用，将产生的过电压能量消除；而转子回路的反向过电压信号则直接经过 V61 二极管接入耗能电阻吸能，以确保发电机转子始终不会出现开路，从而可靠地保护转子绝缘不会遭受破坏。由于这种保护的存在，转子绕组会产生相反的磁场，抵消定子负序电流产生的反转磁场，以保护转子表面及转子护环不至于烧坏。

过电压保护动作的同时,还可以通过监测电流互感器 CT 的电流信号向监控系统发出相应的指示信号。

灭磁开关既可以安装于直流侧，也可以安装于交流侧。

采用交流灭磁的主要优点是交流开关选型容易，制造技术成熟，生产成本低，灭磁开关装于交流侧为检修和维护提供了更安全的保证，额定电流较直流侧小，还可用于整流器故障保护。其缺点是断弧能力差，弧压低，因此必须辅之以切脉冲，否则不能可靠换流移能。在发生机端短路、励磁变二次侧短路等情况下，交流电压为零，换流条件不成立，会导致交流灭磁失败。

同样的开关装于直流侧，遮断弧压是放在交流侧的 1.5 倍，有利于换流。直流侧安装开关，也可对起励、电制动过程中出现的故障加以保护。对于大型发电机组，最好仍在直流侧安装灭磁开关。

灭磁电阻既可以是氧化锌（ZnO），也可以是碳化硅（SiC），当然也可选用线性电阻。灭磁电阻的设计要考虑磁场断路器的电弧电压和励磁绕组允许的最大电压以及励磁绕组中可能的最大能量。

当收到来自发电机保护或者来自内部的励磁保护跳闸命令，在断开磁场断路器的同时截止脉冲并触发可控硅跨接器以接通灭磁电阻。采取该措施后，励磁变副边交流电压被叠加到磁场断路器的电弧电压上，可以保证能量可靠转移及缩短灭磁时间，此种措施在耗能电阻为 ZnO 时更加有效。

当然也可以不必在断开灭磁开关时截止脉冲，但前提必须是灭磁开关分断时的断弧电压足够高，能保证灭磁能量转移到灭磁电阻上；若采用 SiC 或线性电阻灭磁时，也可以不必截止脉冲。

若灭磁开关自身带有常闭触头，则灭磁回路更加简单，在灭磁开关断开时通过常闭触头直接将耗能电阻接入转子回路即可实现灭磁。

五、起励回路

采用快速脉冲列技术以实现残压起励。在起励过程中，在可控硅整流器的输入端仅需要约 10V~20V 的电压即可正常工作。如果电压低于 10V~20V，可控硅整流器就会被连续地触发（二极管工作模式）以达到该值。然而，如果在 5 秒内残压起励失败，则起动备用起励回路（外接的辅助电源起励回路）。这个备用回路设计用于达到所需要的

10V~20V 电压。在机端电压达到发电机电压的 10%时，备用起励回路自动退出，立即开始软起励过程并建压到预定的电压水平。整个起励过程和顺序控制是通过调节器实现的。

备用起励回路仅需要一个较小的电流，一般地，当额定励磁电流小于 2000A 时，辅助起励电流不大于 20A。

残压起励功能由安装在功率柜中脉冲功放板和调节器配合实现；辅助电源起励回路为包括空气开关、起励接触器、导向二极管、限流电阻。

六、电源系统

两段交流 380V **电源引至灭磁柜，互为备用，柜内有自动切换装置。励磁系统使用的交流电源（包括风机电源、监控系统使用的变送器电源、调节器电源、照明及加热器电源）均从本柜引出。**

励磁装置的直流控制电源为 DC220V/DC110V**，从灭磁柜引入。它作为起励回路、灭磁开关操作回路和** DC24V **输出的开关电源模块的供电电源。**

励磁装置的弱电操作电源为 DC24V**，包括调节器操作回路电源、可编程控制器电源、以及触发脉冲回路电源。**

弱电操作电源由励磁系统自身配备的自用变压器及直流操作电源经过独立的开关电源后并列供电，自用变压器的原边电源取自功率整流柜交流输入端。一般情况下，当发电机机端电压大于 60**%额定电压以上时，自用变压器电源即可正常工作。当发电机正常运行时，任一路电源消失均不会影响励磁装置正常工作。**

励磁调节器工控机的工作电源为±12V **和＋**5V**，同样由上述的自用变压器及直流操作电源经过独立的开关电源后并列供电。**

（注：当励磁系统功率整流柜和灭磁柜合而为一时，外部的交直流电源直接引入调节柜。）

七、与监控系统的接口

1．基本原理

LTW6200 **型励磁系统与监控系统的接口方式非常灵活，既可以是常规的继电器方式，也可以是通讯方式，甚至还可以组网的方式接入监控系统。用户可根据自身的需要选用其中一种或多种接口方式。**

接口的核心部件是可编程控制器（PLC**），它本身具有丰富的** I/O **点，带有两个** RS-232C **串行口，具有强大的通讯功能。采用** PLC **实现与监控系统的连接，主要优点在于它独立于调节器的调节通道进行工作，与调节器类型无关，与当前运行通道无关，具有很高的可靠性。**

2．常规 I/O 方式

PLC 通过本身的 I/O 点可实现与监控系统的常规连接：PLC 通过自身的输入口接收励磁系统的状态信息后，即可经过输出口驱动继电器，输出无源接点信号供监控系统采集或驱动中控室灯光、音响信号。PLC 的输入输出接点定义请参考对应的励磁图纸，励磁系统的开关量输出信号均以继电器无源接点的形式引出到端子排。励磁系统的模拟量信号，包括励磁电压和励磁电流，均通过变送器以 4~20mA 信号输出并引出到端子排。模拟量信号的输出也可选择 0~5V 或其它形式。

3．通讯方式

PLC 可通过 RS-232C 串行口或经转换后的 RS-485 串行口与计算机监控系统连接，利用标准的软件通讯规约用于实现串行通讯（具体的通讯规约请见《FJL 励磁系统通讯规约》），实现励磁系统的信息上传或接收监控系统下达的指令。

3．1　点对点通讯方式

在点对点通讯方式中，监控系统需要配置一个独立的串行口去控制每一套励磁系统，励磁系统的站号均设置为 01。

3．2　组网方式

在组网方式中，监控系统只需要一个串行口就可控制整个电站内所有的励磁系统。同一电站内的励磁系统通过 RS-485 总线组成下层网络，每个励磁系统均设置相应的独立站号，下层网络通过接口转换模块与计算机监控系统连为一体。

需要说明的是，输入到励磁系统一些关键的状态量和命令信号，比如发电机断路器信号、励磁开机令、励磁停机令等，尽管也可以通过串行通讯方式写入，但从机组的安全运行角度出发，我们建议最好采用接点方式。

第三章　软件系统

一、概述

数字通道的软件由系统软件和应用软件组成，软件系统结构如图所示。

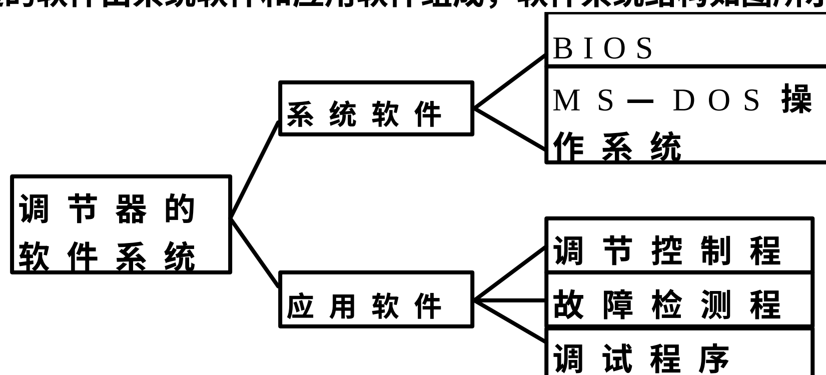


图 3—1　数字通道软件系统组成

系统软件中的 BIOS 部分提供了系统加电自检、引导装入、主要 I/O 设备的处理程序以及接口控制等功能模块来处理所有的系统中断。利用 BIOS 功能编写的程序简洁、可读性好、而且易于移植。由于它与 IBM—PC 系列微机的 BIOS 完全兼容，编写出的应用程序可通用。数字通道的调节控制程序运行在 BIOS 级，具有更高的可靠性。

MS—DOS 操作系统对硬件的依赖性小，它提供了更多的 DOS 功能调用，也对硬件提供了更多更必要的测试。MS—DOS 操作系统和 BIOS 共同组成了应用软件编写、运行的支撑环境。由于采用了 MS—DOS 操作系统，人机界面变得更加友好。

数字通道的调节控制程序完成励磁调节和控制任务。它不仅完全取代了模拟式励磁调节器中的硬件功能电路，而且还扩充了许多模拟式励磁调节器难以实现的功能，充分体现了计算机软件的优越性。

调节控制程序在完成调节与保护任务的同时，还通过 RS—232C 串行通讯口将运行状态的信息以开放的通讯规约实时地传送出来，供计算机监控系统或调试软件进行监测。

故障检测程序运行在单片机中，它负责调节器及励磁的故障检测。单片机在检测到故障信号后，经过分析判断，发出故障指示和通道切换信号。

调试程序 STCOM 安装运行于上位机。该程序实现了如下功能：

·对调节器的运行工况进行全面监测；

·对调节器的运行参数进行整定；

·对调节程序进行修改（只限于制造厂使用）。

任何一台 386 以上的 PC 系列微机均可作为上位机。运行于励磁调节器中的控制程序将运行参数通过 RS—232C 串行口送给上位机，运行于上位机中的调试程序完成运行

参数显示、打印、存盘、事故录波等功能。调试程序是一套完整的功能应用软件，关于其使用说明请参见有关章节。

二、励磁调节控制程序

1．励磁调节控制程序方框图

励磁调节控制程序方框图见图 3—2。

计算机上电或复位后自动进入励磁调节控制程序。进入调节控制程序后， 对 I/O 口及数据存放区进行初始化，当接到开机命令后开放中断，进行数据采集，串行通讯，调节计算，移相控制及其它辅助功能等控制任务。 这些任务循环执行，直至接到逆变灭磁命令后逆变灭磁。灭磁完成后若发电机不停机则又进入控制任务循环，若发电机已停机，则该次调节控制任务完成，励磁调节器返回到空载状态，等待下一次开机。

2．开机条件与停机命令

2．1 开机条件

数字通道在检测到以下条件之一时，即认为开机条件满足：

·有机组起动命令且机组转速达到 95%；

·PT 电压信号大于 10%；

·人工按起励按纽。

2．2 停机命令

在发电机空载时，满足以下条件之一时，调节器即认为停机：

·手动逆变灭磁；

·有停机信号；

·机组转速低于 90%。

3．中断程序

在数字通道中，实时控制任务如移相触发等由中断控制信号完成，实现约 300 次/秒的调节控制（按周波 50Hz 计算）。

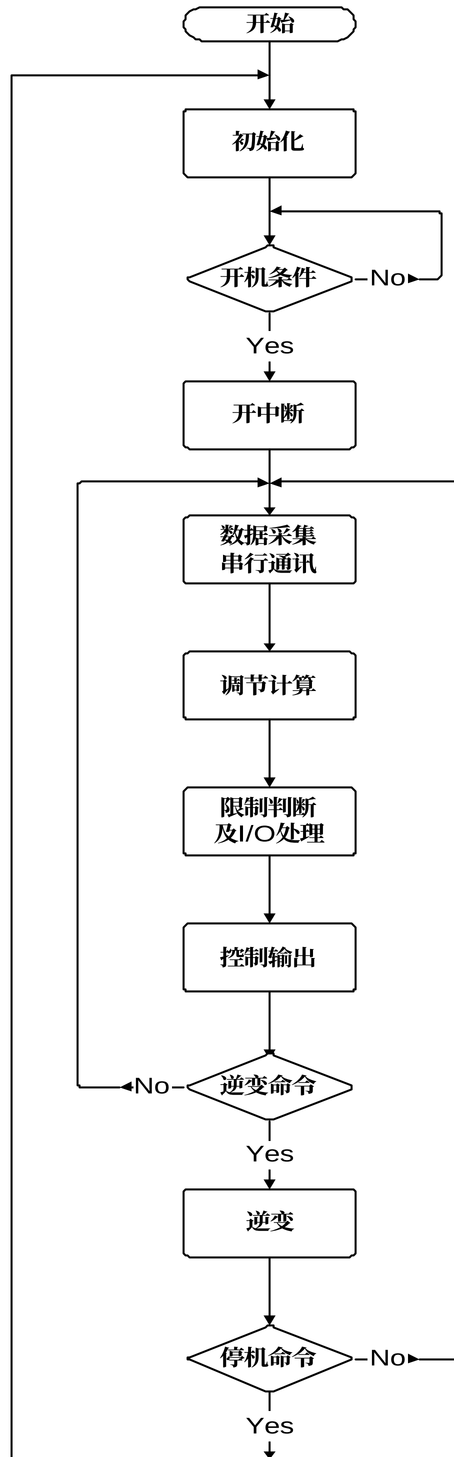


图 3—2　调节控制程序框图

三、软件移相特性

数字通道的移相特性由软件设定，可编程改写，用户无需调整。

1. 控制量 UKX 与控制信号表读数 UK 的关系.

为使 LTW6200 型励磁调节器与模拟式励磁调节器有一致(或相似)的移相特性，便于运行操作及监视，调节器的数字移相控制量 UKX 经过计算及 D/A 转换，形成电压信号 UK，输出到操作面板上，由控制信号表指示。调节器的数字量与信号表指示的转换特性曲线见图 3—4。

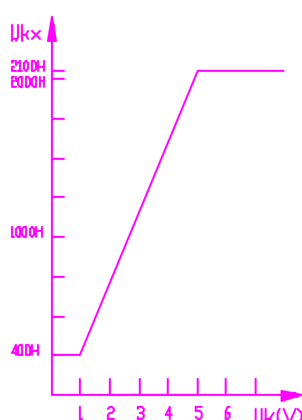


图 3—4 UKX=f(UK) 曲线

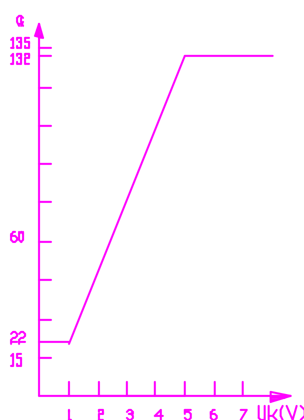


图 3—5 α=f(UK) 曲线

2、控制信号 UK 与控制角 α 的关系.

控制信号与全控整流桥控制角的关系，即移相特性如图 3—5 所示.。

3、调节器开环特性

调节器开环特性(控制信号与发电机电压的关系曲线)根据机组参数整定, 可查阅出厂试验记录. 典型的调节器开环特性(给定值在预置位置时), 如图 3—6 所示。

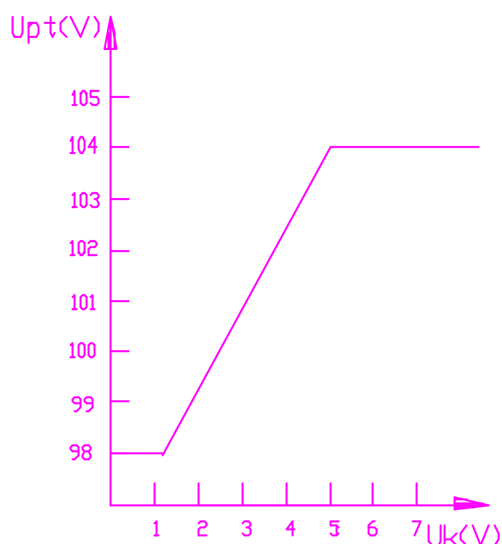


图 3—6　调节器开环特性曲线

四、软件限制功能

1．过励限制特性

1．1 **反时限特性曲线**

强励时间与强励电流的大小呈反时限特性，即 $t=\frac{K}{i^2-1}$.

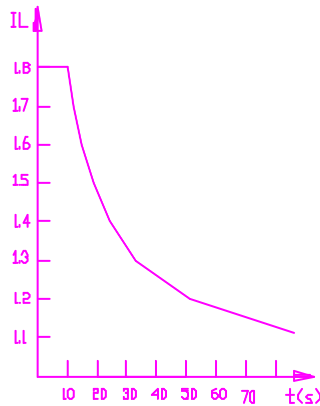
公式中，i **为转子电流标么值。 该特性是从限制转子发热量角度确定的，**K **值可根据机组允许值来设定。**

1．2 **当** $t<\frac{K}{i^2-1}$ **时为强励顶值电流限制，限制值出厂整定为** 1.8 **倍励磁电流额定值。**

1．3 **当** $t>\frac{K}{i^2-1}$ **时，调节器返回到过励限制，限制值出厂整定为** 1.1 **倍励磁电流额定值。**

1．4 **过励限制功能在任何时候均起作用，具有最高优先权。**

过励限制特性曲线见图 3—7。



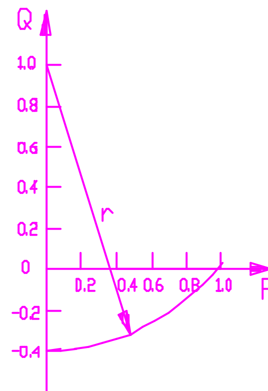


图 3—7　过励限制曲线　　　　**图 3—8　欠励限制曲线**

2．欠励限制特性

为保证发电机静态稳定运行，当输出有功一定时，相应地有一个最小励磁电流限制。

2．1 **欠励限制特性为功率园，功率园方程如下：**

$$P^2 + (Q - B)^2 = r^2$$

其中： P --- **有功功率**

Q --- **无功功率**

B --- **园心纵坐标**

r --- **半径**

2．2 **同时满足以下两个条件欠励限制投入：**

- **机组并网；**
- **进相运行。**

欠励限制特性曲线见图 3—8。

3．V/f 限制特性

仅当发电机空载运行时，V/f **限制功能有效。**

发电机及电力变压器的主磁通是与 V/f **成正比的，由于铁心的磁饱和特性，主磁通过大势必引起电机或变压器过热，因此必须对** V/f **进行限制。**

V/f **限制实质上是最大磁通限制。**

V/f **限制特性：**

3．1 **当** V/f>45HZ **时，限制机端电压最大值为** 1.1 **倍额定电压。**

3．2 **当** f<=45HZ **时逆变灭磁。**

3．3 **机组并网后** V/f **限制自动退出。**

4．调差特性

软件调差计算是为了保证同一电网内并联运行机组之间无功的合理分配而实施的一种无功补偿机制。

调差极性为正时，发电机端电压随无功电流的增大而降低；调差极性为负时，发电机端电压随无功电流的增大而上升。

数字通道的调差特性：

4．1 **采用无功调差，出厂整定为正调差。**

4．2. **调差档位由编码开关设置，共** 16 **个档位，档距为** 1%**。**

第四章　运行操作

一、调节柜

1．电源投入

调节器电源和励磁装置直流 24V 电源由两段厂用电及直流蓄电池电源并列供电，任一路电源消失均不影响励磁装置正常工作。

两段厂用电源开关位于调节柜右下方，正常情况下，两个开关均处于合闸位置。

调节器上方交流电源开关和直流电源开关均投入。

2．零起升压操作

机组第一次启动或大修之后一般采用零起升压方式，升压之前用双踪示波器观察 PT 电压和励磁变阳极电压波形，确保相序一致，相位相差 30 度。

发电机空载零起升压试验时，开机前将操作面板上的“正常/零升”开关拨至零升位置，调节器对发电机电压的给定值进行预置，操作面板上“减”和“到限”指示灯同时亮表示发电机电压给定值预置到下限位置。自动或人工起励，发电机应建压在下限值并保持稳定，下限值的大小决定于可控硅正常换流的最低阳极电压。一般机组下限值可建立在 10%发电机电压额定值。

需要对发电机及主变压器进行零升试验时，可以将调节器切换到 C 通道运行，然后起励。或在使用 A、B 通道运行时解除 R682 并网信号，试验结束后再恢复原接线。

若发现不能建压或发电机电压向上攀升,应检查整流桥的交流输入与 PT 的相序相位关系。

3．正常开机

零起升压正常后，即可进行正常开机，此时“正常/零升”开关处于“正常”位置。三个通道的“跟踪投切开关”处于投入位置。

调节器在未检测到开机令时，对发电机电压给定值进行预置，调节器面板上“增”、“减”指示灯同时亮表示给定值预置成功，正常预置值在出厂时整定为 100%额定值。

调节器接受到以下开机令之一时，发电机升压至预置值：

·发电机转速达到 95%额定转速且有投励磁令时；

·发电机转速达到 95%额定转速且人工按起励按钮。

4．空载运行

正常开机建压至 100%额定机端电压后，即可进行下列操作。

现场控制：操作调节柜面板上的“增”、“减”按钮，可对发电机的电压进行调节；

中控室控制：操作中控室的励磁调节把手或按钮或通过微机监控系统可实现对发电机电压的调节。中控室的励磁调节只对当前的运行通道起作用，对备用通道不起作用，

具有自动选控功能。

通过进行励磁系统的增、减磁调节，可以进行发电机空载电压上下限范围的测试。过程如下：机组频率稳定在 50Hz，增磁，使发电机机端电压上升，一直到 115%的额定值，此时可见励磁调节器操作面板上的“V/f 限制”灯亮，继续增磁，机端电压仍应限制在该数值不变；减磁，使机端电压下降，当其下降到约为 10%额定值时，励磁装置即实现自动停机，并且返回正常预置位置，等待下次起励过程。

5．自动准同期

调节器可通过常规 I/O 方式接受自动准同期装置或机组 LCU 或中控室对励磁的接点控制以调节发电机电压，以便于同期并网。

调节器 A 通道和 B 通道还具有系统电压跟踪功能，该功能设有投切开关，且当发电机并网后自动闭锁该功能。

在调节器 A 通道和 B 通道的面板上装有跟踪投切开关，可实现以下功能：

①当 A、B 通道处于运行状态时，且当系统电压跟踪命令有效时（R686），此开关用于对应通道系统电压跟踪功能的投入或切除;

②当该通道处于备用状态时，跟踪投切开关即用于对运行通道跟踪的投入或切除。

6．并网运行

机组并网运行以后，即可通过调节励磁电流的大小实现无功功率的控制，控制励磁电流的大小的操作方法同空载运行时一样；励磁电流的上下限也有相应的范围，当励磁电流增大到 1.1 倍额定励磁电流时，励磁系统的过励限制器即动作，限制励磁电流进一步上升，此时可见调节器操作面板上的“强励”灯动作。发电机作进相运行，当励磁电流逐渐减小某一数值时，励磁系统的欠限制器即动作，限制励磁电流进一步减小，此时面板上“欠励限制”灯动作（动作时励磁电流的大小视有功功率的大小而定，具体计算可参照欠励限制曲线）。

7．串行通讯控制

LTW6200 型励磁调节器提供了串行通讯接口，实现与计算机监控系统的通讯。

通过串行通讯不仅可获取励磁系统的状态信号，而且可对调节器进行增、减操作，下达无功给定值等。具体的实现方式请参见《FJL 型励磁系统通讯规约》。操作界面由监控系统制造商制作。

作为串行通讯控制的后备保护措施，在机旁或远方均设有强制退出串行通讯的措施。在远方为 R687 瞬动信号，在近方为逆变瞬动信号。

8．停机操作

①正常停机灭磁

发电机停机时，停机继电器接点控制励磁调节器自动逆变灭磁或机组转速低于 90%时自动逆变灭磁。

②人工逆变灭磁

操作调节器操作面板上的逆变灭磁旋纽开关，若此时发电机已解列，则发电机逆变灭磁。

③事故停机灭磁

发电机事故停机，发电机保护继电器引入接点动，分灭磁开关灭磁。

9．通道切换

备用通道跟踪主通道，当下列故障发生时，自行切换到备用通道：

・电源故障

・PT 断相

・丢脉冲

・微机故障

在任何情况下都可以进行主通道到备用通道或备用通道到主通道的人工切换，为避免切换前后发电机电压或无功功率波动，必须将备用通道的控制信号调至与运行通道的控制信号一致后方可进行切换。

A 通道运行时，可通过调节器 B、C 通道面板上的按钮选择 B 通道或 C 通道作为备用通道。当 B 通道处于备用时出现故障，会自动转为 C 通道备用。

B 通道运行时，C 通道为备用通道。若要转至 A 通道运行，需由人工操作 A 通道面板上的按钮。

C 通道运行时，A、B 通道均不跟踪。若要转至 A 或通道运行，需由人工操作 A 通道或 B 通道面板上相应的按钮。

A、B 通道可相互跟踪，C 通道总是跟踪运行通道。

10．限制退出

限制功能的投入与退出可由数字通道操作接口板上的跳线器 SW2 设置，具体参见§2—8 中有关内容。

限制退出后，V/f 限制、过励限制、欠励限制等功能均告失效。

11．调差

调差档位由操作接口板上的拨动开关设置，具体参见§2—8 中有关内容。

12．恒励磁电流调节(手动功能)

开机前将操作接口板上 SW2 开关的 3-4 设为 ON，调节器将变为恒励磁电流调节器。该开关设置仅在调节器处于预置状态时（起励前）有效。

13．智能操作屏

智能操作屏通过 RS-232C 串行口与可编程控制器连接。开机前，它显示当前运行通道和灭磁开关位置信号；开机后，它显示数据画面，指示发电机有功功率、无功功率、

励磁电压、励磁电流和转子温度等模拟量信号。

当励磁装置出现故障时，智能操作屏显示中文的红色闪烁报警信息；若多个故障同时出现，智能操作屏以反显方式显示故障状态画面。故障消除后，智能操作屏自动返回正常画面。也可操作故障画面左下角的触摸键或故障反显处切换到数据画面。返回数据画面后，若故障仍然存在，可操作数据画面右下角的“故障”触摸键回到故障画面。

操作人员还可通过智能操作屏的触摸键实现“恒无功调节”、“恒功率因数调节”、“强励投切”、“PSS 投切”等操作。

14．恒无功调节

不仅可通过串行通讯实现无功数字给定及恒无功调节，也可在现地盘柜通过智能操作屏来实现恒无功调节。设置步骤如下：

（1）发电机并网后，调节励磁使发电机输出无功到预定位置；
（2）进入智能操作屏的设置画面，可进入或退出恒无功调节模式。进入恒无功调节模式后，调节器将自动维持当前的无功不变，直到解除恒无功调节模式。
（3）发电机解列，或处于串行通讯控制时，自动解除恒无功调节模式。
（4）在机旁或远方均设有强制退出恒无功调节的措施。在远方为 R687 瞬动信号，在近方为逆变瞬动信号。

15．恒功率因数调节

不仅可通过串行通讯实现无功数字给定及恒无功调节，也可在现地盘柜通过智能操作屏来实现恒无功调节。设置步骤如下：

（5）发电机并网后，调节励磁使发电机输出无功到预定位置；
（6）进入智能操作屏的设置画面，可进入或退出恒无功调节模式。进入恒无功调节模式后，调节器将自动维持当前的无功不变，直到解除恒无功调节模式。
（7）发电机解列，或处于串行通讯控制时，自动解除恒无功调节模式。
（8）在机旁或远方均设有强制退出恒无功调节的措施。在远方为 R687 瞬动信号，在近方为逆变瞬动信号。

16．故障追忆

通过智能操作屏可查看历史记录。调节器自动记录最近出现的 10 个故障，不受掉电的影响。

按智能操作屏上的“追忆”键可进入故障追忆画面。在故障追忆画面中，按“返回”键可退出，按“继续”键可查看历史记录，按“清除”键可将目前的历史记录清除。

17．异常情况及处理

1、调节器面板上红色指示灯亮

表示相应的操作在进行或限制功能动作。

2、调节器面板上黄色指示灯亮

表示发生了故障。详细的故障判断及处理方法请见第五章《维护及故障处理》。

二、功率整流柜

1．冷却风机操作

将风机选控开关置“自动”位置且该功率柜处于投入位置，风机就能随机组启动自动开、随机组停机自动停。

将风机选控开关置“手动”位置，风机立即处于运转状态，直至自动开关切除或随选控开关转到“自动”状态。

若功率整流柜采用双风机结构，则正常运行时一般选择主风机(A 风机)。

2．整流柜在运行中退出或重新投入

运行过程中，若某一个整流柜要退出运行，必须保证其它整流柜仍在运行之中。

欲退出某个整流柜，应先将柜内的脉冲投切开关置于切除位置，观察其输出电流为零，再将整流桥的交、直流刀闸开关断开，该柜即处于退出状态。

当要将该柜重新投入时，先将整流桥的交、直流刀闸开关合上，再将脉冲投切开关置于投入位置即可。

3．整流柜故障

整流柜的故障包括“快熔熔断”、“风机故障”、“整流柜脉冲故障”等，详细信息及处理方法请参见本用户手册的第五章“维护及故障处理”。

4．智能化功率柜（选用）

4.1 智能化均流

1）功率柜地址选择：1#功率柜 DK201 板上 JP1 与 JP2 的第 1 位设为“On”，其余位设为“OFF”； 2#功率柜 DK201 板上 JP1 与 JP2 的第 2 位设为“On”，其余位设为“OFF”；若有 3#，4#功率柜时，分别将本柜 DK201 板上 JP1 与 JP2 的第 3 位或第 4 位设为“On”，其余位设为“OFF”。

2）退出智能化均流：将调节柜 DKB04 板上 JP1 所有位都设为“ON”，这时软件智能化均流功能退出，对功率柜的脉冲控制等同于常规功率柜。

3）调节器在 C 通道运行时，智能化均流功能退出。

4.2 智能化功率柜的操作

智能化功率柜由于实现智能化，操作变得更为简单。常规操作如人工退柜、风机手动操作等可参见普通功率柜的操作。所不同的是，智能化功率柜增加了对功率柜的智能控制，如双风机时，风机轮换；及智能退柜等。

三、灭磁柜

两段厂用电源供电回路的交流断路器位于灭磁柜中，正常情况下，两个断路器的开

关均应处于合闸位置。

灭磁开关的电动分合闸按钮位于灭磁柜柜门上。当试验或紧急事故时，可以直接操作按钮控制灭磁开关的分合。当电动分闸控制回路失效，因为紧紧事故而必须分断灭磁开关时，可以通过手动方式操作灭磁开关的分闸结构或把手分断灭磁开关，但必须按照国家相关标准规定的安全规程做好绝缘及防护措施。

发电机正常停机时，不需要跳灭磁开关，由停机继电器置调节器于“逆变”状态，使晶闸管逆变灭磁；事故情况下，跳灭磁开关灭磁，灭磁开关的分合可在近方（灭磁开关柜）操作，也可以在远方操作。

当发电机转子绕组正向或反向过电压足够高而引起非线性电阻导通时，过压保护动作指示灯亮并保持住，直至人工操作灭磁柜上的复位按钮。事故停机跳灭磁开关，也会导致过压保护动作指示灯亮。

起励电源一般装于本柜，当机组残压不够高，不能满足起励要求时，起励电源必须投入。

四、切换柜(可选配)

1．电制动切换柜

本柜一般只在有电制动要求时选配。

主要操作器件为整流变到整流桥间的断路器，及接电制动电源的断路器，在柜门上一般装有各自的分合闸按钮及指示灯，在正常的电制动流程中，由 PLC 控制，自动操作，无须人工干预。

2．主备励系统切换柜

本柜一般只在有主备励系统切换要求时选配。

主要操作器件为连接主励系统整流器输出到灭磁柜的断路器，以及连接备励系统到灭磁柜的断路器。

主备励相互之间的切换必须在励磁系统没有输出的情况下进行。

断路器可以是刀闸开关，通过人工操作进行开关的分合。若断路器是电动控制的自动断路器，则可以通过远方或现地的按钮进行合分闸操作。

第五章　维护及故障处理

一．概述

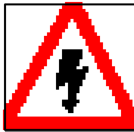
1．安全须知

1．1　安全规则

当正在励磁系统装置内工作时，一定要有警示。否则接触到带电的部件就可能引起严重的人身伤害。正因为如此，在设计时就考虑到将装置内所有带电超过 50V 的部件都加以防护。没有经过一定的培训和必要的预防措施，维护人员不得进入柜内工作。

下面的说明适用于高电压励磁系统的特殊情况

励磁柜内直接接到励磁变压器副边和发电机转子磁场绕组的部件（散热器、铜排等），都带有很高的电压，如果接触它们就有触电的危险。所以，必须设置安全屏障以防止意外触电。为了对运行装置进行电器元件测量，这个安全防护装置必须距带电物体有一定的距离。特别注意的是，维护人员必须要经过培训。这是绝对必要的工作，是必须做的。



小心	由于励磁变压器的副边和发电机转子磁场绕组存在高电压，在励磁柜内就可能产生很大的短路电流。

特别指出的是，由于灭磁开关和磁场回路的放电电阻是直接接到发电机转子绕组的，所以存在着很大的触电的危险。正因为如此，柜体应安装防护设备以保护人身安全。

如果移开了防护设备，维护人员必须远离高电压和大电流的危险。

柜门上必须有警告标记，以警告维护人员控制柜内存在电压（超过 50 V），但最重要的是警告大家：整流柜内的电压可能超过 1000V，电流也非常大。在运行期间，当控制柜的门被打开时，这些警告是一种保护。

标记	意义
⚠	危险，高电压！

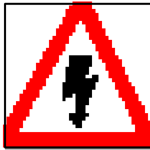
维护工作只能是在切断电源和有保护措施的情况下才可以进行。如果不是这样的话，下面的预防工作必须做：

不能随便的靠近工作区域，安全区域要用黄色的标记标出“高压！危险！”

由于控制错误或其他人员的原因，将已断开的开关又闭合了。为了避免这种情况的发生，要有相应的系统保护措施（例如采用带钥匙的开关，以避免错误的再次闭合此开关）。

1．2　疏忽大意引起的后果

如果不遵循安全规程将对设备引起严重的损坏。



警告	如果系统带电而柜体内却没有防护设备，这时，不仅对运行人员而且对其他任何靠近带电设备的人员都增加了触电的危险。

如果对于规定的维修工作没有全部做完或只完成了一部分，可能会产生危险造成很大的经济损失。特别是在整流柜中还残留有污垢和灰尘的话，将会引起高压闪络危险。

1．3　对工作人员的要求

维护人员必须熟悉资料。他们必须熟悉安装操作，并经过了有关维护和维修工作的培训。

他们必须熟悉控制原理和相关操作，对无论是励磁装置本身（就地控制），还是在控制室（远控，见运行指南）发出的有关励磁系统的报警都要熟悉。

他们即要对励磁设备的电源，也要对紧急停机等事故都有着非常丰富的经验， 并且有能力在紧急情况下关闭系统。

他们必须熟悉在工作现场预防意外事件的措施，必须经过有关能提供第一帮助和灭火的培训。

1．4　紧急情况说明

起火

工作人员必须知道灭火器和紧急出口的位置，并且要会使用灭火器。灭火器分卤素灭火剂、二氧化碳(CO_2）或泡沫等几种。

- CO_2 灭火器专门用于电器设备的灭火，它对人身没有直接的伤害。
- 泡沫灭火器是专门用于非电器设备的灭火。它们不能用于电器设备的灭火。它会对人身造成直接的伤害。

系统起火时，首先从就地或从控制室切断励磁，如果有必要就动用紧急停机装置（见运行指南）。然后断开系统的所有的电源。

当在带电的柜中灭火时，只能使用二氧化碳灭火器，绝不能用泡沫或水！

1．5　对电器装置的第一帮助措施

首先从就地或从控制室切断励磁，如果有必要就动用紧急停机装置（见运行指南）。然后断开系统的所有的电源。把伤员从危险的地方营救出来，然后让他们平躺在地上，向他们提供训练有素的救助。同时考虑电器设备可能出现的后果。请求援助。

2．开环试验

开环试验的方法简述如下：

试验接线有以下两种方式：

a).**机端解开，用系统倒送电方式。此方式使用励磁系统本身的电压互感器，电流互感器，整流变压器等，可以一并对整个励磁系统进行检测。接线原理系统图如图** 5-1。

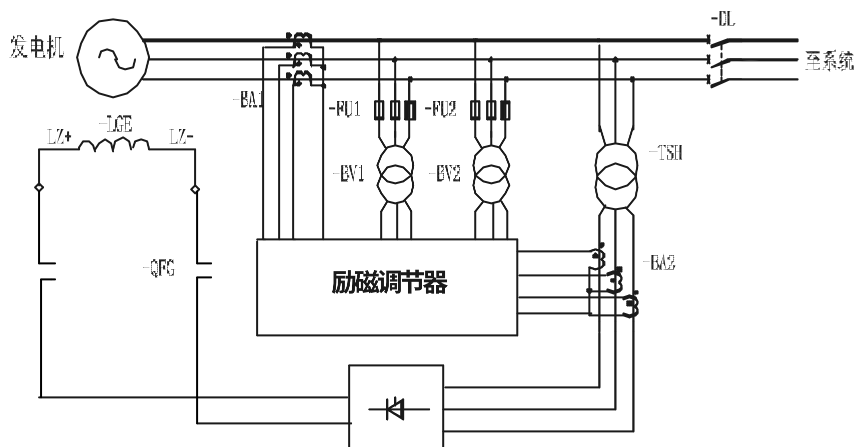


图5-1 励磁系统组成原理图

b)**用三相调压器模拟电压互感器输入及整流变输入。接线原理图如图** 5-2。

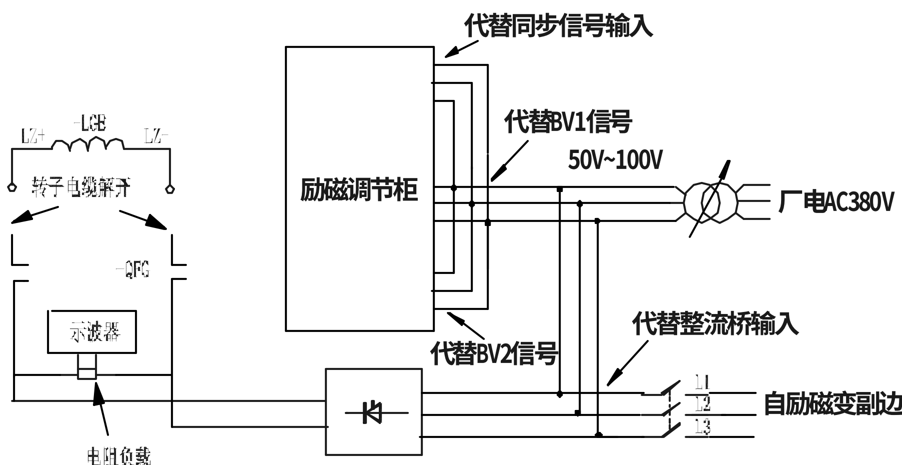
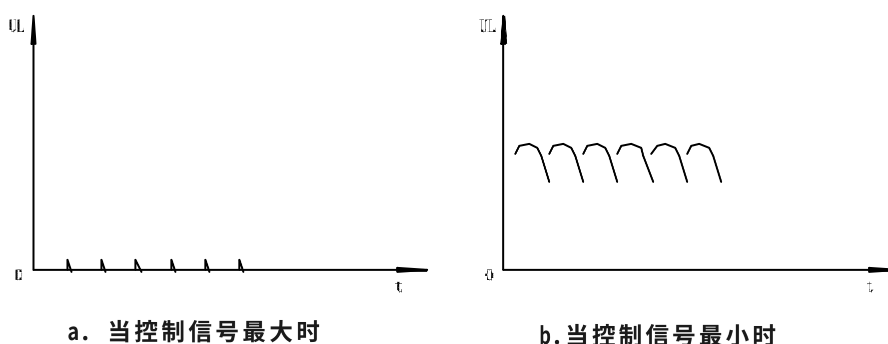


图5-2 开环试验原理图(二)

在方式 a),**发电机端出口三相解开，该出口电缆或母排在试验时需带电，注意采取必要的安全措施。在方式** b),**应将机端电压互感器副边引至励磁调节柜端子处引线拆除，同时应断开整流桥交流输入开关，以免试验过程中有电压感应至互感器或变压器原边；另外，如果整流变副边电额定电压很高，则试验时同步变原边输入应调整变比到较低档，以保证同步变输入较低时，同步信号正常。两种方式均应解开灭磁开关出口的转子电缆，接上电炉或电阻器作为负载（应考虑功率，一般励磁电流有** 0.5A **以上可控硅便可可靠导通），选择负载时，同时注意其容量，当可控硅全开时，直流侧输出电压可达额定励磁电压的** 2 **倍。在负载两端接入示波器，以便观测可控硅的输出波形。注意当输出最高**

电压超过示波器量程时，应考虑外接衰减电阻。



a．当控制信号最大时　　　b.当控制信号最小时

图5-3 开环试验励磁电压波形图

开环试验过程：励磁调节器各按钮处于运行位置，分别在 A、B、C **三个通道进行开环小电流试验，在** A、B **通道分别调节增减、按钮可从示波器上观察到励磁输出波形，可控硅的输出波形正常时，输出波形为对称不缺相的六波头，且随给定大小变化（按增磁或减磁）波形从最小到最大平滑变化，不失控。示意图如图** 5-3。

3．安全措施

在主回路中，由于灭磁开关的一侧直接与发电机转子相连，而整流桥的输入侧直接与励磁变副边绕组相连，励磁装置在运行过程中，主回路中一般都会有较高的电压，故装置在正常运行或试验时，都应避免碰及主回路设备，以免造成电击事故。另外值得注意的是，灭磁开关及其相连的转子灭磁回路，在大电流灭磁时将有过电压产生，更应避免触及。

维护检修工作必须在装置完全断电的情况下进行，在工作区最好有醒目的警示线，以防止非工作人员进入。工作中对不能合闸的断路器，灭磁开关，隔离刀闸等须有防误合闸措施，如挂“有人工作，禁止合闸”指示牌等，防止误操作引起事故。

安全措施采取不当，如在维修过程中出现误合闸等，不但可能引起人身伤害事故，设备也可能受到损坏，这将增加维修费用。另外，如果忽视装置的维护将影响设备的使用寿命，严重时可能影响其正常运行。如硅组件等由于长期未清扫积聚的灰尘，可能引起“电压闪络”，影响主回路的绝缘等，严重时可导致设备损坏。

4．对维护人员的要求

●　维护检修人员必须熟悉有关图纸及资料。

●维护人员必须是经过培训或是已熟悉本设备的操作和安装，能够全面完成维护和检修工作。

●维护人员必须清楚该装置在运行中各种信号的意义，在需处理的情况下，知道相应的对策。

●维护人员具有应急处理的能力。比如分断灭磁开关，切断电源等。

5．紧急情况处理

首先应分断灭磁开关，在装置上或控制室切断通往励磁装置的所有电源。如有火警出现，注意 CO_2 灭火器可直接对带电的着火电器进行喷射，但不能直接喷射被着火人。泡沫灭火器只能对不带电设备进行灭火，不可喷及带电设备，它可对被着火人进行灭火。

二、装置的维护

1．概述

LTW6200 型励磁装置的维护比较简单，具有维护量小的特点。运行时需保护环境整洁，注意通风散热。空气中应无爆炸危险的介质，无足以腐蚀金属和破坏绝缘的气体，装置应安装在无剧烈振动或颠簸的地方。

装置经运输后首次投运前，或长时间停运后再次投运，如机组大修等，一般需对整个励磁装置进行检查，除根据图纸检查接线正确外，还需检查各构件是否有由于运输等原因引起的松动现象；导线，铜排等连接处是否紧固、接触良好；检查完后，再进行通电实验，根据需要模拟各信号的动作情况；经开环试验正常后，方可投运。

应根据环境空气的清洁程度定期对励磁装置进行除尘、清洁，清洁时应切断所有电源，用压缩空气机（压力不能太高）、真空吸尘器或小毛刷等器具对装置外表及内部器件、导线连接处等易积灰垢的地方，小心仔细进行清扫。对装置内部器件包括印制线路的清扫，请勿使用任何清洁剂，也不宜使用潮湿的抹布等。

在运行、维护、或试验过程中如遇励磁故障出现，可参见本章第 3 节的“故障处理”，获得帮助。

虽然大部分电器元件除有些轻微的老化现象外，不会有磨损的迹象，但励磁装置中仍有一些机电器件，诸如断路器、接触器、风机等，它们是会有机械磨损的。

设备运行时，故障系统不停地对运行通道及备用通道进行故障检测，甚至故障检测系统本身也会受到监测，但故障监测系统不能保证监测到全部故障，比如切换继电器是否正常等，所以定期检测设备仍然是必须的。

在定期检查中，除了对装置器件进行清洁或者重新装配紧固器件外，还须进行下面描述的功能检查。

功率整流柜中的空气循环使硅组件表面易积聚灰尘，由于空气流通也使其他电路中积聚灰尘。振动可能使端子连接处或其他有螺钉连接的地方松动。

励磁回路中存在高电压和大电流，灰尘附着电器及导电体表面增加了电压闪络导致器件损坏的危险，定期维护，使得这样的危险大大减小。

2．维护的工作条件

在进行维护工作时，应注意励磁系统所处条件，不同的检查、维护项目在不同的工

作条件下进行。

工作条件（1），关闭励磁装置所有电源，切断所有对外电气连接。

工作条件（2），只供厂用电和直流电。

工作条件（3），开环试验条件。

工作条件（4），设备在运行中。

3．维护时间表

序号	项目	每个月一次	每年一次
励磁变压器			
1	励磁变压器	检查外表灰尘，污垢等。不正常噪音。	检查外表灰尘，污垢，不正常噪音。
整流柜			
2	风机	检查灰尘、污垢等，正常的风力、不正常的噪音。	检查灰尘、污垢等，正常的风力、不正常的噪音。
3	散热器，空气过滤器	检查灰尘、污垢，运行中的温度等。	检查灰尘、污垢，运行中的温度等。
4	可控硅		检查所有可控硅的触发回路。
灭磁柜			
5	灭磁开关		检查灰尘，触头，灭弧室等。
6	跨接器	检查灰尘，污垢等。	检查灰尘，污垢等。
7	灭磁电阻	检查灰尘，污垢等。	检查灰尘，污垢等，熔断器是否完好（仅限非线性电阻灭磁）。
调节柜			
8	印制线路板		检查灰尘，污垢等。
9	功能检查	通道切换（备用通道短时运行后应切回主通道运行）	检查故障切换功能。

上表中的项目在下面将进行更详细的描述。

每三个月一次的检查和每年一次的检查分开进行。三个月一次的检查，无异常情形不做维护处理，而实际的维护工作在每年一次的维护中进行。清洁工作并不仅仅局限于表中描述的项目，必要时应对整套励磁设备进行，包括励磁柜体及结构件等。

在装置投运的第一年，应严格按维护时间表执行，以后一个适宜的维护时间间隔可根据第一年的观测情况做调整。如果灰尘积聚很快，则维护间隔还应缩短。如果运行环境好，灰尘很少，则维护的时间间隔可适当延长。

4．三个月一次的维护（可在工作条件（4）进行）

励磁变压器：

1）对励磁变压器进行灰尘和噪音的检查。

功率整流柜：

2）检查风机表面及叶片是否严重污垢，风流是否正常，是否有不正常噪音，因为风机不方便拆开润滑转轴等，噪音明显增大时，可考虑在下次维护时更换。

备用风机：如果功率柜是双风机，则应在维护期间检查时，同时对备用风机进行检查。除常规检查外，还应将风机切换到备用风机，看运行是否正常，然后在切换回主风机。一般来说，风机的安装如果是上下结构，则上面的风机是主风机，当风机需更换时，一般是主风机，因为主风机运行时间长，更易磨损。更换过程不必拆动备用风机。若是备用风机损坏，则必须先拆主风机，然后才可拆卸备用风机。若风机安装为前后或左右结构时，不存在以上情况。

3）检查门柜上空气过滤器，如果空气过滤很脏，且难以清洗时，必须更换。

4）检查散热器的温度（现仅限智能化功率柜），在一定的输出电压、电流及环境条件下，查看显示器的温度。如果此温度与以前相似的条件下记录的温度有明显差异，则需仔细检查风机，散热器，滤尘器的污垢和灰尘等。

调节柜：

5）功能检查

a．调节器面板无异常信号发出

b．测量值比较。在智能显示屏上显示的数据如励磁电压、励磁电流，发电机有功、发电机无功，发电机电压等模拟量与控制室的其他表计指示的读数应在允许的误差范围内，如果智能显示屏能显示 A，B 套调节器的数据时，则两个通道的参数应一致（在误差范围内）。

c．冗余通道的试验

在调节器为三通道系统中，正常选择时一般选择 A 通道为主通道运行。为保证切换功能及冗余通道功能正常，应将通道切换至备用通道，短时间运行后，切换回主通道。

通道切换，仅在备用通道跟踪主通道的情况下进行。只有当备用通道的控制信号跟踪到与主通道一致时才能进行切换。正常情况下，通道切换后，机端电压或无功应无明显波动，如果波动很大则应迅速切回原运行通道，查找原因。

5．每年一次的维护工作

在 3 个月一次的维护基础上，每年一次的维护工作说明如下，

在一年一次的维护工作中应特别注意灭磁开关的维护。首先应仔细检查灭磁开关外表是否有污垢、外表损伤等。其次应对经常磨损的动触点进行检查。灭磁开关如果及少动作时，应对其进行分合操作，看看动作是否正常，防止意外卡住。

励磁变压器

1）在工作条件（1），用干布、真空吸尘器或压缩空气（压力不能太大）仔细清除变压器外表及导体连接处的灰尘，污垢等，不要使用任何溶剂型清洁剂。

功率整流柜

2）在工作条件（2）或（3），检查风机的灰尘污垢，风流及噪音等，必要时对风机进行清洁。

3）滤尘网。滤尘网如果太脏则必须清洁或更换。

4）检查散热器的温度（仅限于智能化功率柜）。在工作条件（4），在一定的环境条件及一定的输出电压、电流下，观察显示的温度值。如果温度与以前记录有明显升高，则重复步骤 2，然后在工作条件（1），对散热器进行清洁：用毛刷、真空吸尘器或压缩空气（压力不能太高），对其进行除尘、清洁。注意不能使用任何溶剂型清洁剂。

5）检查触发回路是否正常。正常运行时触发回路由自动检查回路在持续进行检查监视，所以只需在开环试验时拔出一组脉冲插头，模拟脉冲故障，检测回路应能正确检测。

灭磁开关回路

6）灭磁开关　　在工作条件（1）检查灰尘、污垢及触点烧灼情况。用干布或毛刷清洁开关本体，打开灭弧室，检查触头，如有烧伤，可用细砂纸对烧伤点进行打磨。在灭磁开关每次带额定电流及以上电流分闸后，需对灭弧室及触头进行检查，用压缩空气吹走弧室中的烟雾。同时触点如烧损，则需进行打磨处理。

7）检查螺丝连接处　在工作条件（1）检查铜排螺丝连接处，与可控硅跨接器（仅非线性电阻灭磁）的连接处螺钉是否紧固。

8）检查由于污垢及螺丝松动带来的绝缘问题：在工作条件（1），需要的话可用一块干布对连接处进行清洁。建议首次投运一年后对装置所有螺丝包括接线端子进行紧固，以后这样的操作以后可每隔四年进行一次。

调节柜

9）检查印制线路板是否清洁　　在工作条件（1），用压缩空气（压力不能太高）清洁线路板。

检查线路板上插拔元器件的管脚是否有灰尘，插头连接处是否有灰尘。如果这些地方积聚灰尘、污垢，则可能导致线路板功能失常。用压缩空气（压力不能太大）或真空吸尘器对其进行清洁，切勿使用任何溶剂清洁剂。

10）调节器功能检查

在工作条件（4），检查控制面板信号是否正常，IOP 显示值是否正常，备用通道工作是否正常。

11）开环试验

必要时对整个励磁装置进行开环试验，试验中除检查励磁输出波形是否正常外，还可对控制回路进行模拟。对输入、输出信号等进行模拟，模拟需对照电气图册及有关试验文档，选择进行。

三、故障处理

1．故障处理条件

故障处理前先阅读1.2安全措施，如果更换装置中器件，则必须切断励磁的所有电源及与外界的电气联接，以保证人身及设备的安全。带电插拔器件一般是被禁止的。

一些对静电感应敏感的器件如CMOS件器，如果受到静电放电，则极易损坏，应避免碰及，更换此类器件或装有此类器件的线路板时，首先应关断电源，操作时手腕最好带上供放电用的护套。紧急情况下，在操作前可用手先触摸不带柜体中的不带油漆的金属部分，以减小手中静电对器件的损坏危险。

被更换器件，最好由本公司提供，所有备件都已在工厂检测，可以直接替换原被换件，不必进行跳线及设置等。

2．故障处理

在大部分情况下，励磁系统的各正常功能都由励磁故障监测系统在持续地监测着，这些功能一旦发生故障，监测系统会发出报警信号，并给出故障信息。相应的故障处理参见下面的故障处理中描述的方法进行。

(1) PT故障

调节器发“PT故障”信号是指A通道用的1PT或B通道用的2PT有故障。这时，显示屏会弹出故障报警画面并闪烁报警，面板上的A通道或B通道的“PT故障”灯也会被点亮。

当故障发生在当前运行通道时，调节器会自动切换到备用通道运行。

PT故障一般都由PT三相不平衡引起的。若是A通道的PT故障，则首先检查调节柜对外接线端子排X10的12、14和16号端子的三相电压是否平衡，若不平衡则故障出在励磁柜外，这时应检查ＰＴ的保险是否完好或各转接点是否接触良好；若三相电压平衡则说明故障在励磁柜内，这时应按图纸顺着接线端子号往下查，找出不平衡点，然后再采取相应的处理措施。柜内的测量点按顺序是：B01的9、14、13，BV01的1、2、3以及A01的4、5、6。

B通道发生PT故障的处理方法与A通道类似，B通道测量点按顺序是：X10的19、21、23，B02的9、14、13，BV02的1、2、3以及A01的1、2、3。

(2) 厂用电消失

“厂用电消失”是指厂用电源供电回路的交流接触器均不带电，即厂用电Ⅰ段、II段均消失。厂用电为励磁系统的照明灯、加热器、风机等提供电源，由于功率柜停风机运行有一定的时间限制。所以厂用电消失后，虽然励磁调节器仍能正常工作，但还是应该尽快处理。

发生“厂用电消失”故障时，显示屏会弹出故障报警画面并闪烁报警。这时报警画面和本次上电故障记录画面显示“交流电故障”，追忆画面显示的是“厂用电消失”。

发生“厂用电消失”故障时，首先应检查厂用电供电回路的交流断路器是否全部合

上，如果合上故障仍然存在则应检查电厂的两段厂用电是否送到励磁屏。

(3) 直流电消失

“直流电消失”是指直流220V操作电源故障。发电机并在网上时，直流电源消失虽然励磁系统仍能正常运行，但此时已不能对灭磁开关进行操作，所以必须尽快地处理。

发“直流电消失”故障信号时，显示屏会弹出故障报警画面并闪烁报警。这时“24V电源故障”也会显示。这是由于24V（II）段电源是由直流220V操作电源提供的。

发生“直流电消失”故障时，首先应检查直流电源输入回路熔断器的对外接线端是否有220V直流电压，若没有便是励磁柜外的原因。若有，则应先检查该熔断器是否完好。若完好则应参照图纸检查直流电回路监视继电器不带电的原因。若熔断器熔断，则应更换熔断器（更换前，应确保励磁系统操作回路无短路现象）。

(4) 自用电消失

“自用电消失”是征对有些电站有专用的励磁交流电源而言的。自用电和厂用电的投入可以通过显示屏上的“功能选择”菜单中的“厂用电／自用电投入”按钮来选择，它的处理方法与厂用电消失类似。

(5) 过压保护

“过压保护”是指转子过电压保护动作。转子过电压保护动作包括正向过电压保护动作和反向过电压保护动作。

过压保护动作时，显示屏会闪烁报警，灭磁柜过压保护指示灯被点亮。

过压保护装置主要是通过ZnO来吸收各种情况下转子上可能产生的正、反向过电压。每次出现“过压保护”信号后，应及时的将信号复归，以备下次能正常地动作和计数。另外，还须检查压敏电阻上串联的熔断器，若熔断指示点已弹出则应更换，并检查与其串联的压敏电阻是否完好。为了准确记录过压保护动作次数，计数器不能被随意清零。需要说明的是，当灭磁开关带负荷分断时，“过压保护”信号也将动作。

(6) 逆变灭磁失败

“逆变灭磁失败”是指发电机在解列的情况下，励磁装置在接收到停机令后，5秒钟内，机端电压还大于10%的额定机端电压。

调节器在发“逆变灭磁失败”的同时，会发出信号去跳灭磁开关灭磁。

(7) 起励失败

“起励失败”是指从自动起励开始，十秒钟内机端电压还小于10%的额定机端电压。此时调节器便发“起励失败”信号。

发“起励失败”信号时应首先检查调节器在起励前是否处于正常的准备开机状态，如功率柜交、直流刀闸、灭磁开关、PT高压侧刀闸、起励电源开关均合上。而且无停机信号。（此时也可以重新给调节器上一次电，重新预置。）然后再检查是否有起励电源

，PT保险是否熔断，PT回路的接线是否松动。如果这些都正常，则另换一个通道起励，如果可以正常起励则说明是调节器通道内的原因。如果也不能正常起励则应该检查起励回路、脉冲公共回路、可控硅整流器、转子回路是否有接地或短路等。

若调节器没有发出“起励失败”命令，但机组仍无法自动起励，可在励磁盘近方起励或远方人工起励。无法自动起励的原因请检查“机组95%转速令”及“投励磁令”信号是否正常送入励磁盘，上述信号接点是否有抖动等。

若远方近方均不能人工起励，应检查机组频率是否没有达到45HZ以上。

若励磁装置已有励磁电流输入发电机励磁绕组，但机组仍不能建压成功，则应考虑是否存在机组起励电流不够的问题，可以适当调节起励限流电阻，加大起励电流进行试验和检查。

(8) A(B)通道调节器故障

“A(B)通道调节器故障”是指A(B)通道的调节器CPU板有硬件故障、软件跑飞或无中断信号。这时显示屏会闪烁报警，A(B)通道面板上相应的发光二极管也会被点亮。

当运行通道发生此故障时，调节器会自动切换到备用通道运行。

如果是由于干扰等引起的软件故障，则可尝试关闭调节器电源一次，看故障是否消失。

发生“A(B)通道调节器故障”时，如果面板上的“脉冲故障”灯也一直亮着，则说明A(B)通道CPU板无中断信号，此时应主要检查连接CPU板以及连接操作面板的扁线。如果没有其它的灯亮，则首先应利用通道抽屉内的按钮对调节器进行重新复位。如果故障仍存在，则可通过更换A、B通道的CPU板、开关量输出板或连接CPU板和开关量输出板的扁线以缩小故障查找的范围，然后再作相应的处理。

(9) 过励保护

“过励保护”是指励磁电流超过了额定励磁电流的2到3倍，这种情况比较严重，它很可能是转子短路或励磁失控引起的。过励保护动作时，励磁装置会同时发出命令给发电机保护，发电机保护再来跳发电机断路器和灭磁开关。

过励保护的动作值一般设定为额定励磁电流的2到3倍，准确数据请查阅出厂试验报告。

发生“过励保护”时，应对转子回路和励磁系统进行全面的检查。首先应确认转子回路有无短路现象，功率柜可控硅和快熔、灭磁柜非线性电阻和快熔是否损坏。然后再利用小电流实验看励磁系统是否工作正常，开机之前还应该着重检查PT、励磁变副边CT、励磁变副边的同步变，以确认回路和相位正常。若不能找出故障原因就不要轻易开机起励。

(10) 1＃(2#、3#、4#)功率柜故障或退出

“1＃(2#、3#、4#)功率柜故障或退出”是指1＃(2#、3#、4#)功率柜退出或1＃(2#、3#、4#)功率柜有故障，这时显示屏都会显示“1＃(2#、3#、4#)功率柜故障或退出”并

闪烁报警。

1＃(2#、3#、4#)功率柜退出是指1＃(2#、3#、4#)功率柜的交流开关没有合上、直流开关没有合上或脉冲切除。这时功率柜也有“本柜退出”显示。如果调节器显示屏有“1＃(2#、3#、4#)功率柜故障或退出”显示而功率柜又没有“本柜退出”显示则说明是功率柜有故障。功率柜故障包括脉冲故障、风机故障、快熔熔断、桥臂断流、风温过高、风量过低等。具体每个故障的处理方法详见智能功率柜故障处理。

(11) A(B)通道脉冲故障

“A(B)通道脉冲故障”是指A(B)通道的脉冲在送出A(B)通道抽屉之前已发生了故障。这时A(B)通道面板上的“脉冲故障”灯被点亮（有时只有在当前通道运行时灯才会亮）。显示屏报警画面显示“调节器故障”，故障追忆画面显示“A(B)通道脉冲故障”。

当运行通道发生此故障时，调节器会自动切换到备用通道运行。

如果A(B)通道面板上“脉冲故障”灯一直都亮着则说明无同步中断信号。处理方法见A(B)通道调节器故障。如果面板上的“脉冲故障”灯只有在强行切换到该通道运行是才亮则应该是有丢脉冲现象或操作面板上有硬件故障，这时通过最好更换开关量输出板及其扁线以及操作接口板来缩小故障查找范围，然后再作相应的处理。

(12) A(B)通道单片机故障

“A(B)通道单片机故障”是指A(B)通道用于故障检测的单片机有故障。A、B通道的单片机是通过PLC来监测的。当单片机发生故障时并不影响调节器的运行。显示屏报警画面会显示“单片机故障”并闪烁报警，追忆画面显示“A(B)通道单片机故障”。

发生“A(B)通道单片机故障”时，首先检查A(B)通道单片机的第20脚对第10脚是否有＋5V电源，如果没有则是操作面板上＋5V电源的故障。如果有则可以将A、B通道的单片机交换一下，以确认单片机是否损坏。如果单片机完好则检查一下调节器至PLCE2的扁线是否断线，然后再作相应的处理。

(13) C通道故障

“C通道故障”指的是C通道PT断相、PT逆相序、触发模块故障、单片机故障或电源故障。显示屏显示“C通道故障”并闪烁报警。

发生“C通道故障”时首先打开C通道的抽屉，看C通道操作面板上的发光二极管LD2是否被点亮，如果亮，表明C通道是PT断相或逆相序，这时应检查C通道用的PT。如果LD2不亮，则测量单片机U6的第20脚对第10脚，若无＋5V电源，则是电源故障，若有则可能是单片机故障或触发模块故障，这时可在停机后重新上电，对单片机进行复位，看故障能否消失，若不消失，则可通过更换单片机U6或触发模块B1，以确定是否是单片机或触发模块损坏。然后再作相应的处理。

(14) 24V(I)段故障

24V(I)段故障是指由同步变提供的24V电源有故障。此时显示屏显示“24V电源故障

”并闪烁报警。

24V(I)段故障主要是查开关电源模块VIO1的输入输出，以确定电源模块是否损坏，然后再作相应的处理。

(15) 24V(II)段故障

24V(II)段故障是指由直流220V操作电源提供的24V电源有故障。此时显示屏显示“24V电源故障”并闪烁报警。

24V(II)段故障主要是查开关电源模块VIO2的输入输出，以确定电源模块是否损坏，然后再作相应的处理。

(16) 1＃(2#、3#、4#)功率柜通讯故障

（只适用于智能功率柜）

“1＃(2#、3#、4#)功率柜通讯故障”是指1＃(2#、3#、4#)功率柜与调节柜之间的通讯出现故障。此故障出现时，大显示屏上的功率柜画面中相应的功率柜信息不能正确显示。并有“通讯故障”字样闪烁报警。

发生1＃(2#、3#、4#)功率柜通讯故障时应检查相应功率柜与调节柜之间的通讯线是否连接好。然后再检查相应功率柜中的PLC与调节柜中的7188通讯模块是否工作正常。

(17) 电源故障

当A或B通道面板上的“电源故障”灯亮时，指的是A或B通道内调节器的12V和5V电源故障。此时显示屏显示的是“A通道单片机故障”或“B通道单片机故障”，这是因为A或B通道没有电源时，A、B通道的单片机不能工作，PLC检测不到A、B通道单片机送来的信号。

当前运行通道发生此故障时，调节器会自动切换到备用通道运行。

发生“电源故障”时首先应检查抽屉内的电源开关是否合上、电源模块输出是否正常。然后再检查操作面板。

(18) 功率柜脉冲故障

功率柜脉冲故障是指脉冲送出抽屉之后有故障。这时应该用示波器观察发生故障功率柜的直流输出波形，看是否有标准的六个波头。同时用示波器检查从调节器抽屉脉冲线到可控硅脉冲板的各路脉冲，看是否有正确的双窄脉冲。其中应着重检查脉冲放大板的输入输出脉冲波形。

(19) 风机故障（只适用于智能功率柜）

风机故障包括“风机停”和“风机断相”两种情况。

风机断相是由断相保护继电器来检测的。当发生风机断相情况时，风机的运转声音异常，断相保护继电器的指示等也会被点亮。此时应手动退出该风机，首先检查风机电源是否三相平衡，然后再检查风机内部是否正常。

当风机停转时，功率柜上相应的指示灯会被点亮。这时也应手动退出风机的电源，然后再逐步检测风机电源和内部是否正常。

当风机电机损坏或风叶损伤造成风道内部风压减小，风压继电器动作时，励磁系统也将发出“1＃(2#、3#、4#)功率柜风机故障”。

(20) 快熔熔断

“快熔熔断”是指功率柜与可控硅串联的快熔有熔断现象。这时功率柜也有快熔熔断显示。快熔熔断是比较严重的故障。

这时首先应该检查是哪个快熔熔断（快熔熔断时快熔上面的信号点会自动弹出），然后还要检查与之串联的可控硅是否损坏（可控硅损坏时，阴极阳极短路）。开机之前应该做小电流试验，看功率柜输出波形是否正常。没有查出快熔的原因并排除之前，不能开机起励。

(21) 风量低（只适用于智能功率柜）

功率柜的风量是通过风压继电器来检测的，如果功率柜停风或风机损坏造成风压过低不能使风压继电器动作，功率柜都会发故障信号。这时应检查风机是否损坏。

(22) 桥臂断流（只适用于智能功率柜）

“桥臂断流”是指正常运行时某个支臂的可控硅没有电流通过。如果该桥臂的快熔没有熔断则应该检查该桥臂的脉冲和脉冲板是否正常。

(23) 风温过高（只适用于智能功率柜）

“风温过高”是指功率整流柜风道温度过高。此时应检查功率柜是否同时有其它异常告警信号（如风机故障、桥臂断流）发出，若同时存在其它故障，则风道温度证明可能确实超过设定警戒点，应采取退柜、减小本柜电流输出及强迫通风等方法降低风道温度。

若没有发生其它异常情况，则应检查风道内的测温电阻，检测其是否损坏，从而发出误告警信号。

若故障仍不能排除，拔打以下电话可获得帮助：

广州电器科学研究院

广州擎天电气控制实业有限公司

技术部：020-84197844，84451171-522；

项目部：020-84184947，84451171-268。

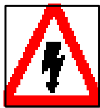
第七章．安装指南

一、概述

本章节包括有关励磁系统储存、运输和安装的说明。这些说明是为有资格进行电气设备安装人员编写的。安装人员必须熟悉这些文件和电厂安装意外事故的防范规程！安装工作开始之前必须仔细的阅读下列安全说明！

1．安全指导

在整个安装、调试和维护工作期间都必须遵循有关的安全指导。在系统开始进行任何工作之前必须阅读安全指导和下列标志的内容。

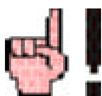


警告

- 在开始一项工作之前必须认真阅读相关的电源回路图！
- 安装过程中可能需要一些临时电源，如照明、电动工具的电源等，应特别小心地提供这些临时电源！
- 开始工作之前要断开所有的电源！断开之后，还要测量一下电压是否确实不存在了！
- 励磁装置通电后时，不能再将其它试验设备接到端子！
- 静电放电可能引起电路损坏，接触电子元件时必须小心谨慎！

2．验收

交货时所有的装箱都要检查，在开箱之前，先检查一下包装箱外部是否有损坏。如果有损坏，那么就要在保险公司和制造商在场的情况下开箱检查设备。外部损坏情况必须立即记录在有关运输的文件中！开箱后发现的损坏必须在一周内向保险公司和制造商报告！



重要　　如果制造商没有收到受损报告，将不负任何责任！

3．运输包装好的设备

设备需用行吊、铲车或叉车小心地从运输工具上卸下来。当卸包装箱的时候，必须按照箭头指示的方向吊起，包装箱上的一系列符号是根据国家相关标准的规定标记的。当用铲车提升和搬运包装箱时，铲车的叉子必须平行地插入包装箱的底部。为避免包装箱歪倒，必须注意包装箱的重心（专门有符号标记）。

只有当设备运抵指定位置时，包装箱才能拆开。

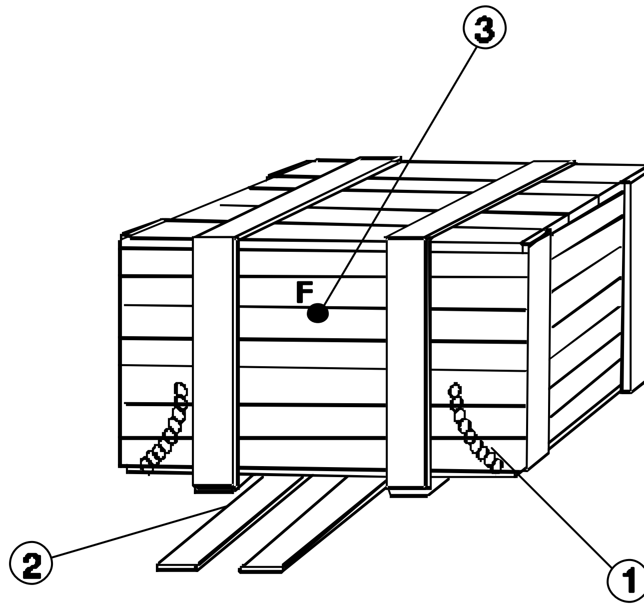


图 1　运输包装箱

4.储存

为了避免由于存储不当引起的设备质量下降和损坏，从设备进库一直到设备出库安装，在整个期间必须遵守相应的防范措施。

4.1　　储存条件

设备必须按原包装在室内存储，并且必须放置在货台上或木制的底架上。

存储人员需对存储地点入口进行控制以及严格管理。存储库应配备适当型号的灭火装置和材料，并且要保持其完好可用。存储库要始终保持清洁、干燥和通风，库里的安排要合理，废物和陈旧的包装箱必须清除干净！为避免设备弄脏和损坏，必须防止小动物和昆虫进入库内。存储对环境的要求具体如下：

- 允许的存储温度 -25 ℃ 到 +55 ℃
- 相对湿度（无允许的结露）5 % 到 85 %

4.2　　存储期间的检查

为保证环境和数量完好，应进行定期检查（最少 2 个月一次）。任何细微的变化都必须引起注意，并尽可能快地纠正！检查要按下列几点进行：

- 标记
- 覆盖和密封
- 干燥
- 机械损坏
- 清洁

5.开箱

5.1 打开包装箱的框架

按下列步骤打开包装箱框架：

1. 拆下包装箱的顶部
2. 拆下所有的内部支撑
3. 拆下侧板，拆除塑料薄膜
4. 检查是否有运输损坏

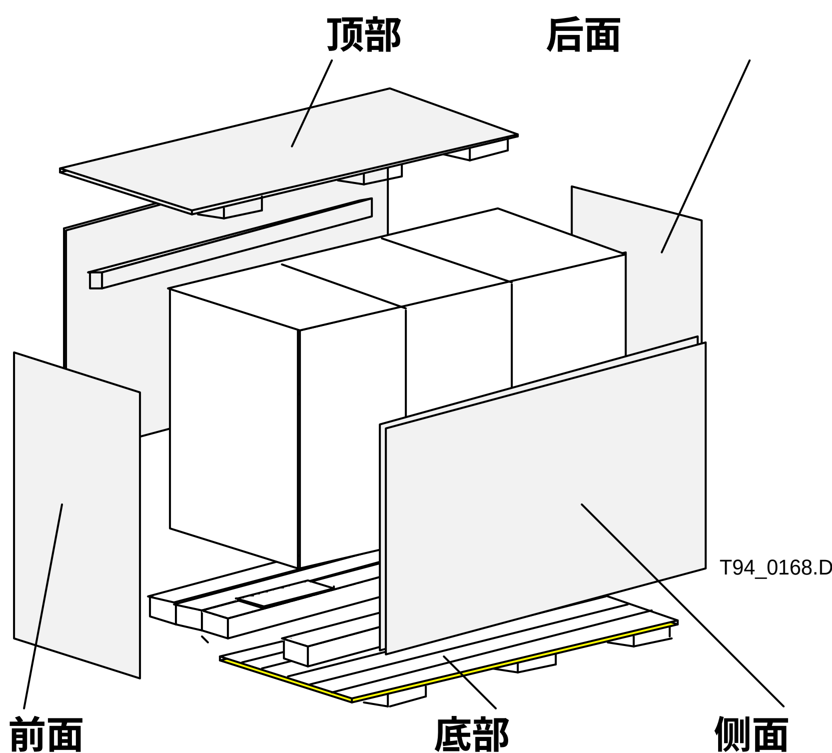


图 2 设备/柜体的开箱

5.2 设备和柜体的运输

开箱后，用起重机或叉车将设备运到安装地点。设备只能放在水平的地面上！保证开始移动的时候设备不能倾倒。设备/柜体需要从底部固定绳缆吊起（见图 3）或从顶部固定绳缆吊起（见图 4 ）。

从底部起吊柜体时要遵循下列几点：

- 从底部缚绳索！
- 尺寸 "L" 必须大于尺寸 "M"。
- 确保绳索有足够的承重能力。

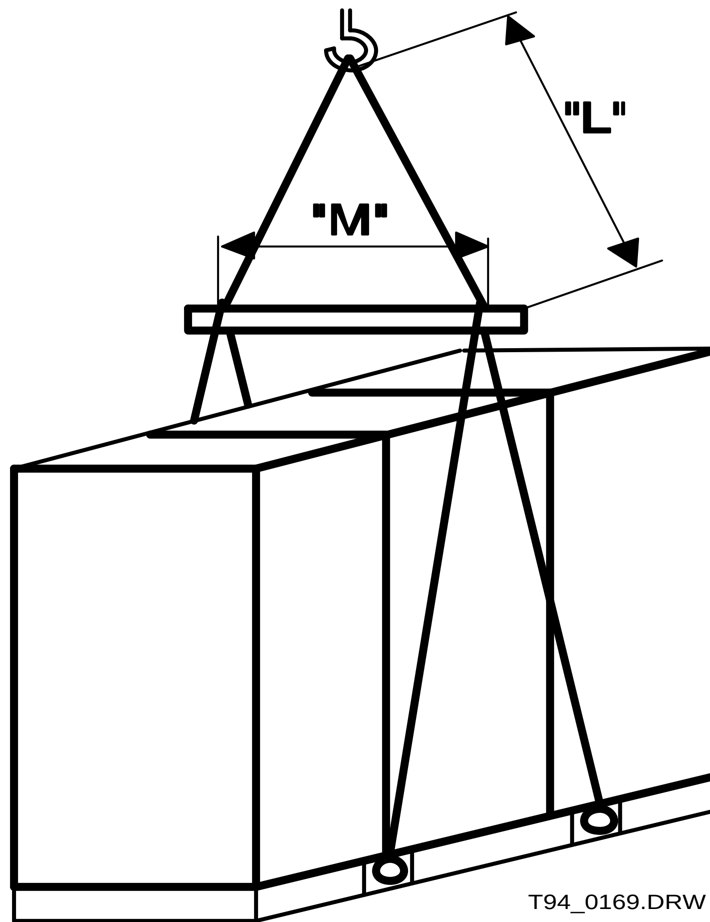


图　3　用起重机运输

用吊环运输时，要遵循下列几点：

- **绳索和吊钩之间的角度不得超过 120°！**
- **直接用框架吊起柜体是不允许的！**
- **柜体只能放置在水平的地面上！**
- **柜体安装后可以拆除吊环，在螺丝孔中要安装螺帽，然后用树脂密封好。**

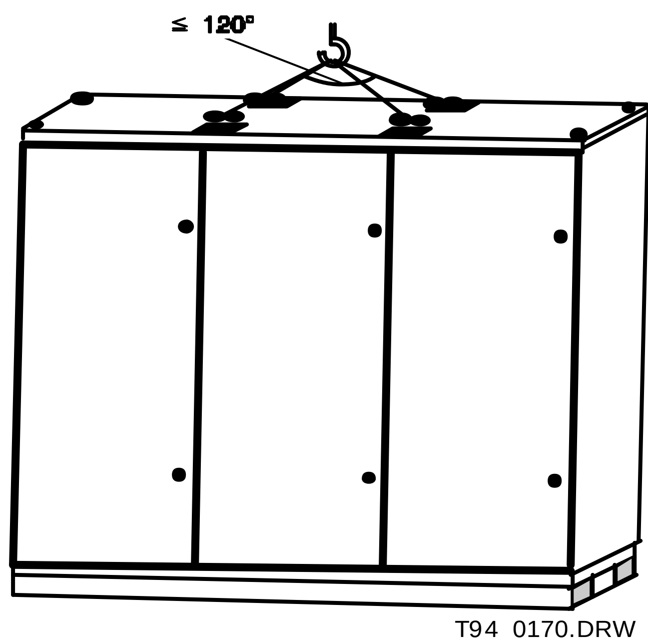


图 4 用吊环运输

二、柜体的安装

一般情况下，设备在出厂前已按照现场安装的要求做好了相应的准备工作，包括柜间接线、底部、侧面和顶部开孔等。安装现场的照明和通道必须保证。如果安装现场的湿度很大，且温度的变化范围也很大，就容易产生凝露现象。通过安装现场加热的方法可避免凝露现象的产生。

1.概述

安装柜体应当遵循下列步骤：

1. 柜体排列定位
2. 检查
3. 固定柜体
4. 拆下吊环螺钉
5. 密封

2.柜体排列定位

一般，设备在运输过程中分单柜包装，运输时柜子必须垂直放置！按照前面指引打开包装箱后，参照设计布置图把柜体依次排列好。

3.检查

柜体排列完毕，在没有固定之前，检查所有的门和盖板要完好，必须能够灵活地开/关，或无扭曲变形。

4.基础固定

在电厂建筑物安装面上埋置了槽钢，设备柜体应铆焊固定在槽钢上。

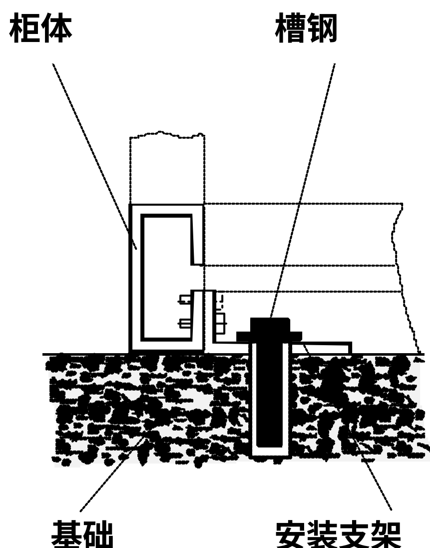


图 5　　基础固定

一旦柜体已排列好并可靠地固定在基础上时，吊环和螺钉可以拆掉，保存在安全的地方！

三、电气接线

1.电气连接线

励磁设备内部的电气连接已由制造商设计完毕，在现场安装时，当拼柜完成后，按照图纸的指引敷设预留的导线并接到相应的端子。

励磁装置与电厂其它设备的连接需由设计或安装单位实施，这包括信号回路、控制回路和电源回路等。当选择电缆和导线时，要注意电缆要有足够的长度和如何铺设。随着压降的增加会引起干扰灵敏度的增加，同样电缆的长度也会引起对干扰灵敏度的增加。

来自和连接到控制室的控制电缆通常是接到调节柜或灭磁柜的端子上，在电路图中详细规定了电缆的最小截面。

绑扎电缆用的电缆夹或电缆带应该安装在机箱的底部，以防电缆连接头受拉力拉得太紧。电缆夹也用于电缆电磁屏蔽的接地。

2.连接铜排

在铜排连接前，用户应将铜排底部擦净，用软布将铜排的连接面彻底地擦干净。如果连接面很脏，可以用清洁剂（例如酒精）或软刷清洁。连接面绝对不能有污垢和油脂。用海绵橡皮垫将合适的油脂均匀地涂在接触面。但只能涂很薄的一层。处理完后立即接好铜排。

各单元电气连接的螺钉，必须按照下表规定的力矩拧紧。但是，它们应当预先在接触处涂以润滑油脂。

螺钉尺寸：	M5	M6	M8	M10	M12	M16	M20	M24
扭矩(Nm)：	2.2	3.7	9	18.8	31.2	75.5	152.5	146.2

铜缆和铜排的连接在下列图中详细说明：

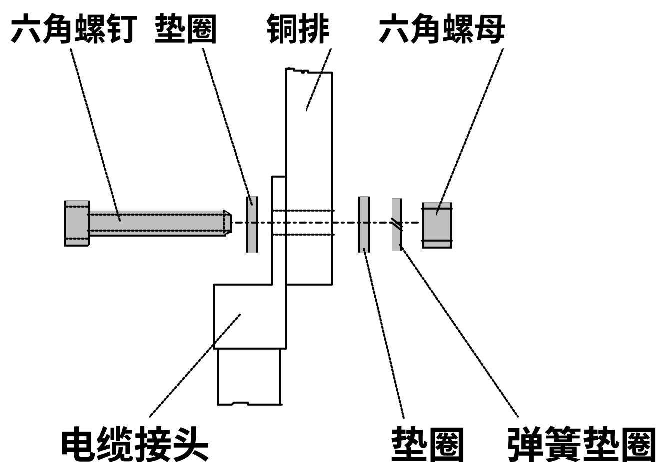


图 6 电缆连接

3.接地连接

主要接地铜排应安装在柜子的底部，主要接地电缆采用螺钉连接到接地铜排。图 7-6 给出了一种可能的设计。

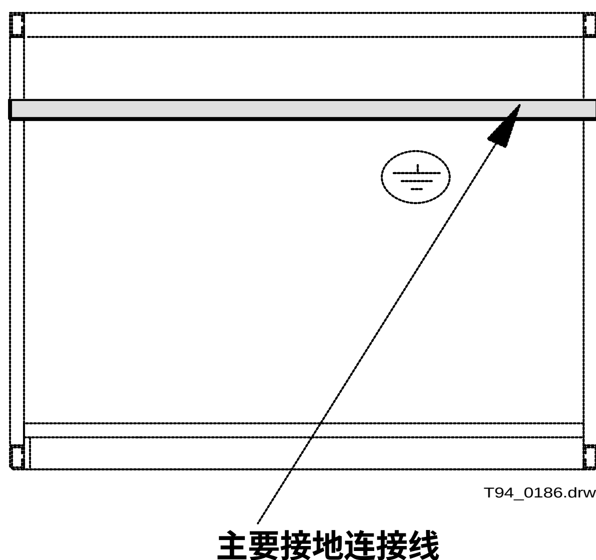
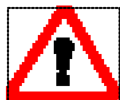


图 7 主要接地铜排的设计

四、密封

根据设计和要求的防护等级，在柜体底架和基础的交接处必须用密封垫密封。



警告	如果可能有害虫或污垢进入柜内，在调试后，敞开的基础必须密封好！

五、结束工作

将所有的运输工具都拿开，例如设备里的木支撑等（如果有的话）。

把身边所有不用的东西都清掉，例如包装用的材料或柜内的小段电缆等。

用一块防静电的布将绝缘部分擦净，不要用任何的溶剂！

六、检查

- 检查所有的母排连接和机架的连接，因为运输时这些连接是断开的。
- 检查基座的固定。
- 检查设备的防护等级是否满足，特别注意底盘和柜体顶部的电缆入口处。
- 一般查看：外观、完整性、标记、外来异物、清洁度。
- 检查电缆的连接和配线是否正确和完整，这些工作应该在现场完成。
- 屏蔽电缆在柜体的入口处是否正确接地（电缆夹支架或密封管）？
- 所有的保护导线是否都连接正确和完成 ？
- 关闭柜门。

七、特别说明

如果安装和配线工作中断时，做好下面的工作以保护设备不脏、不受潮和有外来的异物：

- 关闭柜体所有的柜门。
- 用塑料布盖好柜体。
- 在安装地点加热或连接柜内的加热器（如果已安装）。

八、油漆损坏的修复

在运输和安装期间，对设备表面的油漆的任何损坏，这些在调试前必须修复。

只有聚亚安酯油漆可以用来修复损坏的油漆表面，因为只有它可以保证完全地附着在原来的漆面上。

用细毛刷可以修复擦痕和裂纹。

柜体前门的油漆如果大面积的损坏，这时整个门都要重新刷漆。

第八章 电气制动(选用)

一、 概述

我公司在电气制动装置的研究开发和工程实践上有较深入的认识和丰富的经验，在励磁系统的基础上，结合电制动的使用情况和用户的需求，我们在 LTW6200 型励磁系统上开发出了由软件实现的电气制动功能，称为柔性电制动。

二、电气制动的原理

发电机解列、灭磁以后，待机组转速下降到额定转速的 50%～60%左右，将发电机定子在机端出口三相短路，通过一系列逻辑操作，提供制动电源，励磁调节器转到制动运行方式，给发电机转子加励磁电流，因为发电机正在转动，定子在转子磁场的作用下，感应产生短路电流，由此产生的电磁力矩正好与转子的惯性转向相反，起到制动的作用。

在制动的过程中，有三个显著特点：

1．定子短路电流几乎不变；

2．制动力矩与定子短路电流的平方成正比；

3．制动力矩与机组的转速成反比，在制动过程中，因为定子短路电流基本不变，因此随着转速的下降制动力矩反而加大的，制动力矩的最大值是出现在机组将停止转动前的瞬间；

根据以上特点，为了获得最大的制动力矩，应充分利用发电机的定子容量，使定子短路电流约等于额定定子电流，而要获得额定定子电流，根据发电机短路特性，励磁电流应达到发电机空载额定励磁电流值。电制动投入可在额定转速的 50-60%左右。

在电气制动过程中，励磁装置处于恒流调节模式，励磁电流的给定可通过人机界面设定，也可通过 A/D 转换实现数字给定，调整十分方便，这有利于使制动过程达到最优。

三． 电气制动的主回路结线

在实现电气制动的过程中，需由外部提供制动电源，而这与励磁系统的主回路结构是密切相关的。通常可归纳为两种结线方式，分别见图 8-1 和图 8-2 所示。

图 8-1 中，励磁装置为自并励结线方式，当机端短路时，励磁变无电源。制动电源来自于专用制动变压器，制动变接至厂用电。也就是说，在发电工况和制动工况下，整流电源需经由操作回路控制整流桥交流侧断路器 QL1 和 QL2 进行切换。

图 8-2 中，励磁装置为它励结线方式，即励磁变压器接于发电机断路器外侧，在两种不同工况下，整流电源都由励磁变供给。

比较这两种不同的主回路结线方式，图 8-2 的接法更为简洁，不仅可省去制动变压器和相应的交流侧断路器，励磁装置的控制逻辑也较为简练。

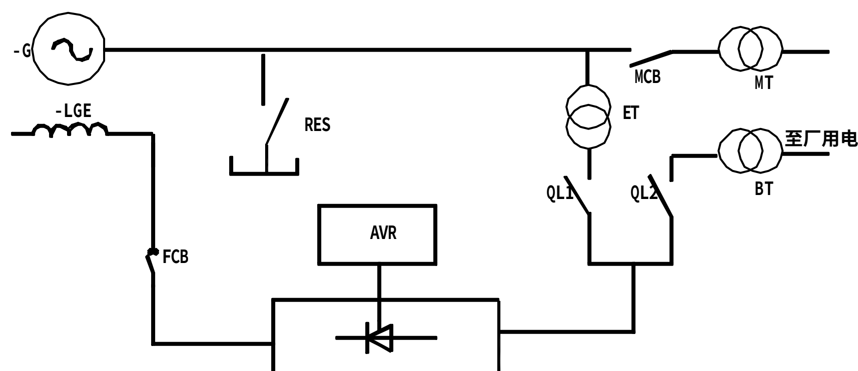


图 8-1　　**自并励结线方式**

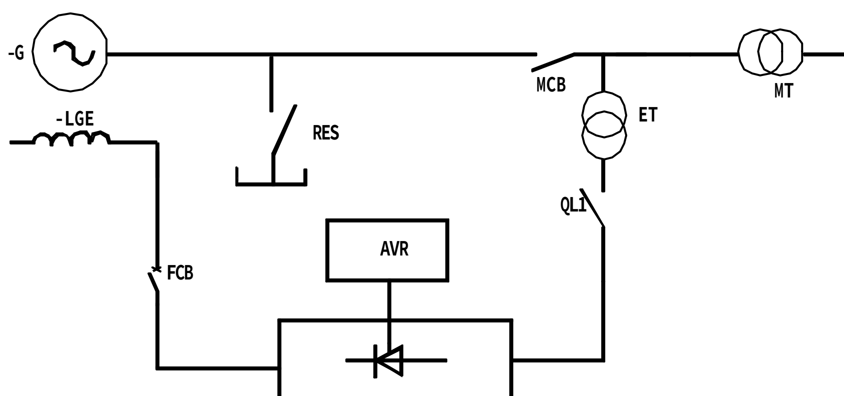


图 8-2　　他励结线方式

四．电气制动的工作流程

电气制动中的流程控制是通过励磁调节器中的可编程控制器（PLC）实现的，PLC 在实现整个电制动过程中起着关键的作用。下面以图 8-1 的接法为例，说明电制动的工作流程。流程图如图 8-3 所示。

PLC 完成以下功能：

1、检测电制动投入的条件；

通常，当机组解列后需要正常停机时，首先由监控系统发出指令，令励磁调节器逆变灭磁，一般在具备以下条件时，由监控系统向励磁系统发出电制动投入命令。

1）油开关分开

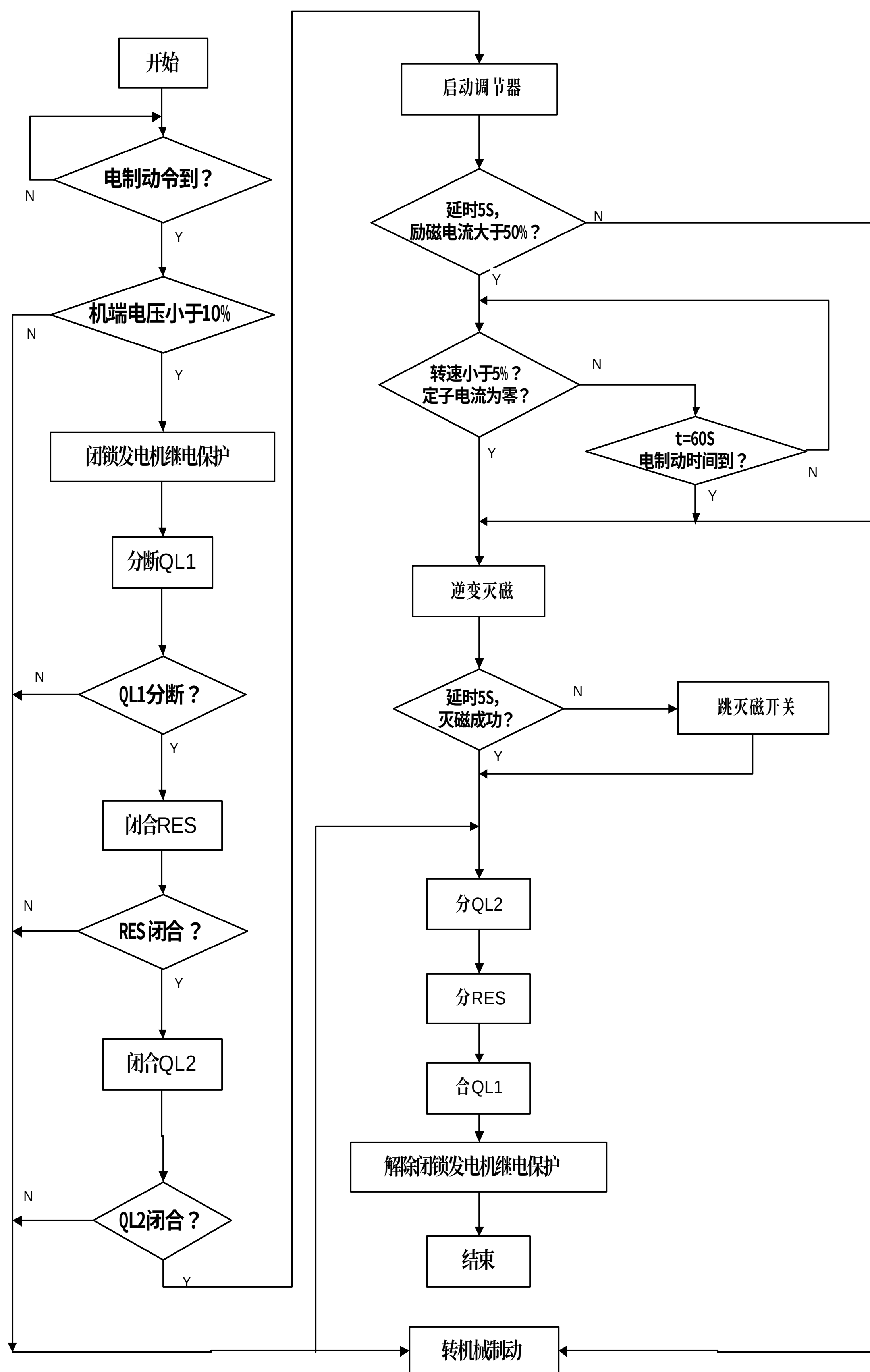

开始
电制动令到？
N
Y
机端电压小于10%
N
Y
闭锁发电机继电保护
分断QL1
QL1分断？
N
Y
闭合RES
RES闭合？
N
Y
闭合QL2
QL2闭合？
N
Y
启动调节器
延时5S,
励磁电流大于50%？
N
Y
转速小于5%？
定子电流为零？
N
Y
t=60S
电制动时间到？
N
Y
逆变灭磁
延时5S,
灭磁成功？
N
Y
跳灭磁开关
分QL2
分RES
合QL1
解除闭锁发电机继电保护
结束
转机械制动

图 8-3 电气制动流程图

2）机组停机令
3）导叶全关
4）机组无事故
5）机组转速下降到 60%额定值
2、当励磁系统的 PLC 检测到电制动投入命令并判断条件满足后，依次闭锁继电保护、分整流变副边开关 QL1,合短路开关 RES、合电制动电源交流开关 QL2 ；
3、启动励磁调节器的调节程序，由调节器发出脉冲，控制整流器输出励磁电流，形成制动力矩，完成电气制动。
4、当电制动过程中，任何一步不满足电制动条件，PLC 都将发信号转机械制动，并向计算机监控系统发送报警信号，电制动退出；同时进入第 7 步。
5、当机组的转速小于 5%时，定子电流接近于零时，电制动完成，PLC 向调节器发出逆变灭磁信号，灭磁成功后进入第 7 步。
6、当逆变灭磁失败，PLC 将跳灭磁开关，然后进入第 7 步。
7、当完成第 3 步～第 5 步或第 6 步后，PLC 同时发信号分电制动电源交流开关 QL2、短路开关 RES、合整流变副边开关 QL1,解除发电机继电保护，使励磁装置恢复到正常开机前的状态。

在电制动过程中，PLC 始终监测整个制动过程是否正常，当遇到以下异常情况时，PLC 将向监控系统发出电制动失败报警信号，并退出电制动过程。此时需要由监控系统投入机械制动装置完成机组的制动。：

1)、QL1 不能分断，或 RES、QL2 开关不能合上；
2)、定子短路电流达不到定值；
3)、电制动时间过长。

五．整流器输出电流的控制

考虑到各电厂发电机的运行条件不同，在电制动过程中，需要整流器输出的电流是不完全相同的，为了方便调节励磁电流的输出，在调节器的操作接口板中配置了励磁电流的预置值整定电位器，通过调节电位器，可以改变输出电流的给定值，从而调节输出电流的大小。电制动过程中，励磁调节器的反馈量为从电制动电源变压器副边引入的电流互感器信号。当励磁调节器启动，进入恒励磁电流调节后，励磁电流给定量可由微机励磁调节器控制接口板 DK6201 上电位器 W3 预先设定。出厂设定值一般为 50%额定励磁电流，现场可根据需要调整，反时针旋电位器，电流整定值增大。需要说明的是，模拟式手动通道（C 通道）不具备电制动功能，若电制动令投入时，励磁系统正处于 C 通道运行，将发出电制动失败命令。